



TUGAS AKHIR - RG 141536

STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK MENGUNAKAN METODE GPS HEIGHTING DAN METODE GAYABERAT

STUDI KASUS: KOTA SURABAYA

REGA YOZE OKTAVIAN
NRP 3513 100 029

Dosen Pembimbing
Dr. Ir Muhammad Taufik
Ira Mutiara Anjasmara, ST., M. Phil., Ph.D.,

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – RG 141536

STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK MENGGUNAKAN METODE GPS HEIGHTING DAN METODE GAYABERAT

STUDI KASUS: KOTA SURABAYA

REGA YOZE OKTAVIAN
NRP 3513 100 029

Dosen Pembimbing
Dr. Ir Muhammad Taufik
Ira Mutiara Anjasmara, ST., M. Phil., Ph.D.,

DEPARTEMEN TEKNIK GEOMATIKA
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



FINAL ASSIGNMENT – RG 141536

STUDY ORTHOMETRIC HEIGHT DETERMINATION USING GPS HEIGHTING METHOD AND GRAVITY METHOD

CASE STUDY: KOTA SURABAYA

REGA YOZE OKTAVIAN
NRP 3513 100 029

Supervisor
Dr. Ir Muhammad Taufik
Ira Mutiara Anjasmara, ST., M. Phil., Ph.D.,

Geomatics Engineering Department
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK
MENGUNAKAN METODE GPS HEIGHTING DAN
METODE GAYABERAT
(Studi Kasus: Kota Surabaya)

Nama : Rega Yoze Oktavian
NRP : 3513 100 029
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Pembimbing : Dr. Ir Muhammad Taufik
Ira Mutiara Anjasmara, ST., M. Phil., Ph.D.,

ABSTRAK

Surabaya sebagai ibu kota Provinsi Jawa Timur, Indonesia yang merupakan pusat bisnis, perdagangan, industri, dan pendidikan di Jawa Timur. Tampak adanya peningkatan pembangunan, kegiatan industri dan fasilitas umum perkotaan seperti perkantoran, perdagangan, jasa, pendidikan, kesehatan serta sarana transportasi. Dengan kondisi tersebut Kota Surabaya memerlukan perencanaan yang matang dalam penataan tata ruang yang efisien dan tepat guna. Untuk mewujudkan hal tersebut diperlukan Informasi Geospasial (IG) yang baik, akurat dan sesuai dengan keadaan yang terkini.

Dengan kemajuan teknologi pengukuran yang semakin modern untuk penentuan tinggi dalam mewujudkan IG yang baik bisa dilakukan dengan praktis dan cepat yaitu dengan menggunakan teknologi satelit *Global Positioning System* (GPS). Dalam penelitian ini dilakukan penentuan tinggi orthometrik dengan menggunakan teknologi satelit GPS yang diolah menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK dan metode gayaberat dengan model global gayaberat bumi yaitu *Earth Gravitational Model* (EGM) 2008 serta pengukuran gayaberat relatif dengan gravimeter.

Dari analisa hasil pengolahan data GPS yang diamati pada bulan Maret 2017 dan telah dikoreksikan dengan metode gayaberat, didapatkan nilai tinggi orthometrik dengan ketelitian

paling baik pada BM08 senilai +5,9096 dan BM33 senilai +10,2426 dengan ketelitian sebesar 8 milimeter (mm). Untuk nilai undulasi yang ada di kota Surabaya berkisar 28 sampai 29 meter (m).

Kata Kunci: EGM 2008, Gayaberat, GAMIT/GLOBK, GPS Heighting, Surabaya, Tinggi Orthometrik

STUDY ORTHOMETRIC HEIGHT DETERMINATION USING GPS-HEIGHTING METHOD AND GRAVITY METHOD

(Case Study: Kota Surabaya)

Nama : Rega Yoze Oktavian
NRP : 3513 100 029
Jurusan : Teknik Geomatika FTSP – ITS
Pembimbing : Dr. Ir Muhammad Taufik
Ira Mutiara Anjasmara, ST., M. Phil., Ph.D.,

ABSTRAK

Surabaya as the capital of East Java Province, which is the center of business, commerce, industry, and education in East Java. It appears that there is an increase in development, industrial activities and urban public facilities such as offices, trade, services, education, health and transportation facilities. With these conditions Surabaya City requires careful planning in spatial arrangement efficient and appropriate. To achieve this required good Geospatial Information (IG), accurate and in accordance with the current state.

With the progress of measurement technology increasingly modern for high penetration in realizing good IG can be done with practical and fast that is by using Global Positioning System (GPS) satellite technology. In this research, orthometric height is determined by using satellite GPS technology processed using GAMIT / GLOBK software and gravity method with global gravity model of Earth Gravitational Model (EGM) 2008 and relative gravity measurement with gravimeter.

From the analysis of GPS data processing observed in March 2017 and has been corrected by gravity method, we get orthometric height value with the best accuracy on BM08 worth +5,9096 and BM33 worth +10.2426 with accuracy of 8 millimeters (mm). For

the value of existing undulations in the city of Surabaya ranges from 28 to 29 meters (m).

**Kata Kunci: EGM 2008, Gravity, GAMIT/GLOBK, GPS
Heighting, Surabaya, Orthometric Height**

STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK
MENGUNAKAN METODE GPS HEIGHTING DAN
METODE GAYABERAT
STUDI KASUS: KOTA SURABAYA

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Departemen S-1 Teknik Geomatika
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

REGA YOZE OKTAVIAN
NRP. 3513 100 029

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

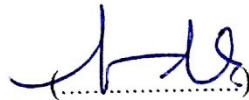
Dr. Ir Muhammad Taufik

NIP. 19550919 198603 1 001



Ira Mutiara Anjasmara, ST, M. Phil, Ph.D.,

NIP. 19781231 200212 001



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya sampaikan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk tugas akhirnya yang berjudul **“Studi Penentuan Tinggi Orthometrik Menggunakan Metode GPS Heigting dan Metode Gayaberat ”** dengan lancar.

Selama pelaksanaan penelitian untuk tugas akhir penulis ini, banyak pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan kepada penulis. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua penulis, Bapak Sumarmo dan Ibu Emi Sugiarti serta Erica Dwi Ramadhani sebagai adik kandung saya, yang selalu memberikan doa dan dukungannya untuk kelancaran penelitian ini.
2. Bapak Mokhamad Nur Cahyadi, ST., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Geomatika ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Muhammad Taufik dan Ira Mutiara Anjasmara, ST., M. Phil., Ph.D., selaku dosen pembimbing penulis. Terima kasih atas kesempatan, kesabaran serta dukungan dalam bimbingan hingga dapat terselesaikannya tugas akhir ini.
4. Bapak Akbar Kurniawan ST., MT., selaku dosen yang selalu membantu dalam masalah-masalah dalam mengerjakan Tugas Akhir dan juga membantu dalam masalah keuangan.
5. Teman-teman yang sudah membantu dalam pengamatan GPS dan gayaberat. (Chandra, Enira, Rhaisang, Fawaiz, Hadik, Rofiq, Kamila, Izna, dan angkatan 2014 yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu).
6. Teman-teman Jurusan Teknik Geomatika ITS, khususnya angkatan 2013 atas dukungan dan semangat yang telah diberikan.
7. Pihak-pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu, yang telah membantu penulis.

Kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan oleh penulis untuk penyempurnaan penelitian ini. Semoga laporan ini dapat bermanfaat untuk semua pihak, khususnya untuk mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, Juni 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN JUDUL	iii
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Tugas Akhir	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1. Sistem Tinggi	5
2.1.1. Tinggi Ellipsoid	5
2.1.2. Tinggi Orthometrik	7
2.2. Global Positioning System (GPS)	8
2.2.1. Penentuan Posisi dengan GPS	8
2.2.2. Kesalahan dan Bias GPS	9
2.3. Metode Gayabarat	12
2.3.1. Model Geopotensial Global	13
2.3.2. Perhitungan Undulasi Geoid	14
2.4. Internasional Terrestrial Reference Frame (ITRF)	15
2.5. Geoid	17
2.6. GAMIT/GLOBK	18
2.7. Penentuan Tinggi Orthometrik dengan GPS	20
2.8. Penelitian Terdahulu	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1. Lokasi Penelitian	23
3.2. Data dan Peralatan	23
3.3. Metodologi Penelitian	26
3.3.1. Tahapan Penelitian	26

3.4. Diagram Alir Penelitian.....	29
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1. Hasil Pengolahan Data Pengamatan GPS.....	39
4.2. Hasil Pengolahan Nilai Undulasi.....	41
4.3. Hasil Penentuan Tinggi Orthometrik.....	45
4.4. Analisa Data Pengamatan GPS.....	47
4.5. Analisa Nilai Undulasi	50
4.6. Analisa Tinggi Orthometrik	50
BAB V KESIMPULAN	53
5.1. Kesimpulan.....	53
5.2. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA.....	55
LAMPIRAN	
BIODATA PENULIS	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tinggi Terhadap Bidang Referensi.....	5
Gambar 2.2 Ilustrasi Tinggi Ellipsoid	6
Gambar 2.3 Ilustrasi Tinggi Orthometrik	7
Gambar 2.4 Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GPS	9
Gambar 2.5 Ilustrasi Multipath	11
Gambar 2.6 Ilustrasi Ellipsoid dan Tinggi Orthometrik.....	17
Gambar 2.7 Ilustrasi Tinggi Ellipsoid, Tinggi Orthometrik dan Undulasi	21
Gambar 2.8 Ilustrasi dH, dh dan dN	22
Gambar 3.1 Detil Titik Pengamatan Penelitian.....	24
Gambar 3.2 Lokasi Stasiun IGS	25
Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Penelitian	26
Gambar 3.4 Diagram Alir Persiapan dan Pengukuran	29
Gambar 3.5 Diagram Alir Pengolahan Data.....	31
Gambar 4.1 Hasil globk .org	40
Gambar 4.2 Standart Deviasi.....	40
Gambar 4.3 Tampilan website EGM 2008.....	42
Gambar 4.4 Script dan hasil N_{GM}	42
Gambar 4.5 Contoh hasil perhitungan $N_{\Delta g}$	43
Gambar 4.6 Lokasi BM23	47
Gambar 4.7 Lokasi BM29	48
Gambar 4.8 Lokasi BM08 dan BM23	48
Gambar 4.9 Perbandingan Awal Perekaman	49

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Metode Penentuan Posisi dengan GPS.....	9
Tabel 4.1 Data Koordinat dan Tinggi Ellipsoid GPS	41
Tabel 4.2 Data Nilai Undulasi.....	44
Tabel 4.3 Data Tinggi Orthometrik.....	46
Tabel 4.4 Perbandingan hasil tinggi orthometrik dengan metode lain	51
Tabel 4.5 Hasil Defleksi Vertikal.....	52

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kota Surabaya adalah ibukota Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Secara topografi sebagian besar wilayahnya dataran rendah dengan ketinggian antara 3-8 m di atas permukaan laut. Sedangkan di wilayah barat dan selatan Surabaya terdapat 2 bukit landai yaitu di daerah Lidah dan Gayungan yang ketinggiannya antara 25-50 m di atas permukaan laut. Kota Surabaya juga merupakan pusat bisnis, perdagangan, industri, dan pendidikan di Jawa Timur. Terlihat adanya peningkatan pembangunan dan kegiatan industri dan fasilitas umum perkotaan seperti perkantoran, perdagangan, jasa, pendidikan, kesehatan serta sarana transportasi (Badan Perencanaan Pembangunan, 2013). Dengan memperhatikan kondisi tersebut dalam membangun Kota Surabaya diperlukan perencanaan yang matang dengan penataan ruang yang efisien dan tepat guna. Untuk mewujudkan hal tersebut diperlukan IG yang baik. IG yang baik didapatkan dari survei dan pemetaan yang akurat dan sesuai dengan keadaan yang terkini.

Dengan kemajuan teknologi pengukuran yang semakin modern untuk mewujudkan IG yang baik bisa dilakukan dengan praktis dan cepat yaitu dengan menggunakan teknologi satelit GPS. Namun salah satu permasalahan penting dalam kegiatan praktis lapangan seperti survei, pemetaan dan rekayasa menggunakan GPS adalah penentuan komponen nilai tinggi. Tinggi yang didapat dari pengukuran GPS yaitu tinggi yang bereferensi pada bidang matematis ellipsoid. Sedangkan Informasi tinggi yang terkandung dalam IG adalah tinggi yang mempunyai arti fisik di permukaan bumi yaitu tinggi orthometrik dimana bidang acuannya adalah geoid (Kuswondo, 2013). Geoid merupakan bidang fisis dari representatif bentuk bumi yang dinyatakan sebagai bidang ekuipotensial. Bidang ekuipotensial merupakan bidang permukaan dimana titik-titik yang membentuk permukaan tersebut memiliki nilai potensial gayabarat yang sama. Untuk keperluan praktis, pada

umumnya geoid dianggap berhimpit dengan muka air laut rata-rata atau *Mean Sea Level* (MSL) (Kahar, 2008).

Ketinggian dari GPS bisa dijadikan tinggi pendekatan orthometrik dengan menggunakan metode pengukuran diferensial dimana salah satu titik pengukuran (*base station*) sudah diikatkan pada rambu pasang surut yang sudah didapatkan nilai MSL dari pengamatan pasang surut. Pengikatan titik pengukuran pada rambu pasang surut bisa dilakukan dengan menggunakan metode *levelling* yaitu dengan pengukuran sipat datar. Setelah didapatkan tinggi pendekatan orthometrik dari pengamatan GPS dilakukan penentuan tinggi orthometrik yang bereferensi pada bidang geoid dengan melakukan koreksi nilai undulasi yang didapatkan dari model geoid EGM 2008 dan pengamatan gayaberat terestris.

Dalam penelitian ini akan dicari nilai tinggi orthometrik yang didapatkan dari selisih tinggi hasil pengukuran GPS secara diferensial dan nilai undulasi geoid. Sehingga dengan adanya referensi tinggi orthometrik perencanaan tata ruang wilayah kota Surabaya dapat lebih optimal serta dengan ketelitian IG yang baik.

1.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana mengetahui nilai tinggi ellipsoid di setiap titik pengukuran dari hasil pengukuran GPS.
2. Bagaimana mengetahui nilai undulasi geoid di setiap titik pengukuran dari model geoid EGM 2008 dan anomali gayaberat *free-air* hasil pengukuran Gravimeter.
3. Bagaimana mengetahui tinggi orthometrik di kota Surabaya dari data tinggi ellipsoid dan nilai undulasi.

1.3. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu:

1. Daerah Penelitian berada di wilayah kota Surabaya dengan 19 titik pengamatan.

2. Titik *BenchMark* (BM) dengan tinggi orthometrik didapat dari pengikatan pada stasion BAKO atau TTG001 yang diperoleh dari pengamatan sipat datar teliti.
3. Pengolahan data GPS dilakukan dengan software GAMIT/GLOBK.
4. Model geoid global menggunakan EGM 2008.
5. Pengukuran gayabarat relatif dengan menggunakan gravimeter *LaCoste & Rombert tipe G-1053*.

1.4. Tujuan Tugas Akhir

Adapun tujuan dalam penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui tinggi ellipsoid di setiap titik pengukuran.
2. Mengetahui undulasi geoid di setiap titik pengukuran.
3. Mengetahui tinggi orthometrik di setiap titik pengukuran.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah dapat memberikan informasi mengenai nilai tinggi orthometrik yang berlokasi di Kota Surabaya. Data hasil penelitian ini juga dapat digunakan sebagai data referensi titik tinggi yang akurat oleh pemerintah maupun pihak terkait untuk keperluan lebih lanjut. Sehingga dengan adanya referensi tinggi orthometrik perencanaan tata ruang wilayah kota Surabaya dapat lebih optimal serta dengan ketelitian IG yang baik.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

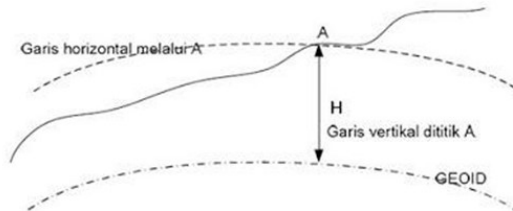
BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Sistem Tinggi

Tinggi adalah jarak vertikal atau jarak tegak lurus dari suatu bidang referensi tertentu terhadap suatu titik sepanjang garis vertikalnya. Untuk suatu wilayah biasa Muka Laut Rata-rata (MLR) ditentukan sebagai bidang referensi dan perluasannya kedaratan akan disebut dengan datum atau geoid (Anjasmara, 2005). Pada Gambar 2.1 dijelaskan Tinggi Terhadap bidang referensi. Informasi tinggi yang ada di permukaan bumi ada umumnya terdapat dua jenis utama tinggi, yaitu:

1. Tinggi Ellipsoid
2. Tinggi Orthometrik

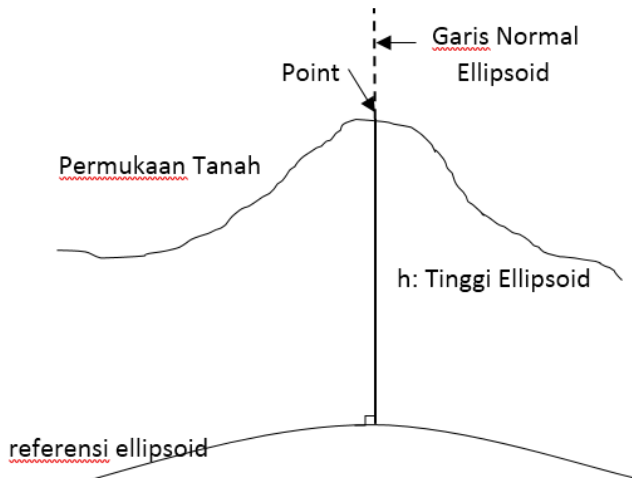


Gambar 2.1 Tinggi Terhadap Bidang Referensi
(Sumber: Anjasmara, 2005)

2.2.1. Tinggi Ellipsoid

Tinggi ellipsoid adalah tinggi yang diperoleh tanpa ada hubungannya dengan gravitasi bumi. Sistem tinggi ini digunakan oleh sistem pengamatan yang dilakukan menggunakan GPS. Tinggi ellipsoid adalah jarak garis lurus yang diambil sepanjang bidang ellipsoid normal dari permukaan geometris yang diambil dari referensi ellipsoid ke titik tertentu (Featherstone, 2006).

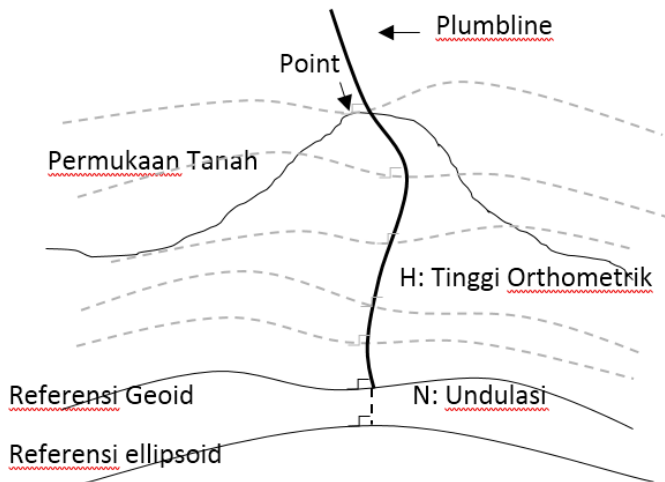
Ketinggian titik yang diberikan oleh GPS adalah ketinggian titik di atas permukaan ellipsoid, yaitu ellipsoid World Geodetic System (WGS) 1984 (Abidin, 2001). Tinggi ellipsoid (h) tersebut tidak sama dengan tinggi orthometrik (H) yang umum digunakan untuk keperluan praktis sehari-hari yang biasanya diperoleh dari pengukuran sipat datar (*levelling*). Tinggi orthometrik suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas geoid diukur sepanjang garis gayaberas yang melalui titik tersebut, sedangkan tinggi ellipsoid suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas ellipsoid dihitung sepanjang garis normal ellipsoid yang melalui titik tersebut. Pada Gambar 2.2 dijelaskan referensi tinggi ellipsoid. Dimana h : Jarak garis lurus yang diambil sepanjang bidang ellipsoid normal ke titik tertentu diatas permukaan bumi yang memiliki referensi ellipsoid ke titik tertentu (p).



Gambar 2.2 Ilustrasi Tinggi Ellipsoid

2.2.2. Tinggi Orthometrik

Tinggi orthometrik suatu titik adalah jarak geometris yang diukur sepanjang unting-unting (*Plumb Line*) antara geoid ke titik tersebut (Kuswondo, 2013). Tinggi orthometrik ini merupakan tinggi yang umumnya dimengerti dan paling banyak digunakan. Lain halnya dengan tinggi dinamis, tinggi ortometrik ini memiliki nilai geometris. Permukaan geoid referensi sangat unik, dikarenakan satu bidang ekupotensial yang merupakan bidang yang memiliki nilai gravitasi tunggal sama dengan permukaan laut di lautan terbuka. Dalam keperluan praktisnya tinggi orthometrik sangat sulit di realisasikan, karena untuk merealisasikan hal yang perlu diketahui adalah arah tegak lurus dari percepatan gravitasi terhadap permukaan di semua titik yang berada sepanjang jarak tersebut. Pada Gambar 2.3 dijelaskan gambaran dari Tinggi Orthometrik.



Gambar 2.3 Ilustrasi Tinggi Orthometrik

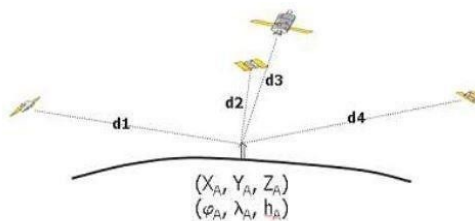
2.2. Global Positioning System (GPS)

GPS adalah sistem navigasi berbasis satelit yang dikembangkan oleh US Department of Defense (DoD) di awal 1970-an. Pada awalnya, GPS dikembangkan sebagai sistem militer untuk memenuhi kebutuhan militer Amerika Serikat. Namun lama setelah itu, akses tersebut dibuat tersedia untuk warga sipil dan sekarang menggunakan dual-sistem yang dapat diakses oleh pengguna militer dan sipil.

GPS terdiri dari tiga segmen: segmen ruang angkasa, segmen kontrol dan segmen pengguna. Segmen ruang angkasa terdiri dari 24 konstelasi satelit. Masing-masing satelit GPS mengirimkan sinyal, yang memiliki sejumlah komponen: dua gelombang sinus (juga dikenal sebagai frekuensi pembawa), dua kode digital dan pesan navigasi. Kode dan navigasi pesan ditambahkan ke operator sebagai biner modulasi dua-fase *binary*. Operator dan kode digunakan terutama untuk menentukan jarak dari alat pengguna ke satelit GPS. Navigasi pesan berisi, bersamaan informasi lain, koordinat (lokasi) satelit sebagai fungsi dari waktu. Sinyal yang tertransmisi dikendalikan oleh jam atom yang sangat akurat di dalam satelit GPS.

2.3.1. Penentuan Posisi dengan GPS

Prinsip penentuan posisi dengan GPS yaitu menggunakan metode reseksi jarak, dimana pengukuran jarak dilakukan secara simultan ke beberapa satelit yang telah diketahui koordinatnya. Pada pengukuran GPS, setiap epoknya memiliki empat parameter yang harus ditentukan: yaitu 3 parameter koordinat X , Y , Z atau L , B , h dan satu parameter kesalahan waktu akibat ketidaksinkronan jam osilator di satelit dengan jam di receiver GPS. Oleh karena itu diperlukan minimal pengukuran jarak ke empat satelit. Posisi 3 dimensi (X , Y , Z atau L , B , h) dinyatakan dalam datum WGS 1984, sedangkan tinggi yang diperoleh adalah tinggi ellipsoid.



Gambar 2.4 Prinsip Dasar Penentuan Posisi dengan GPS
(Sumber: Abidin, 2000)

Adapun pengelompokan metode penentuan posisi dengan GPS berdasarkan mekanisme pengaplikasiannya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Metode Penentuan Posisi dengan GPS
(Abidin, 2000)

Metode	Absolute	Differensial	Titik	Receiver
Static	√	√	Diam	Diam
Kinematik	√	√	Bergerak	Bergerak
Rapid static		√	Diam	Diam (singkat)
Pseudo kinematik		√	Diam	Diam & bergerak
Stop and go		√	Diam	Diam & bergerak

2.3.2. Kesalahan dan Bias GPS

Dalam perjalanan sinyal GPS, dari satelit sampai pengamat pasti tidak terlepas dari berbagai kesalahan dan bias. Kesalahan dan bias GPS tersebut dapat terkait dengan (Abidin, 2000)

- Satelit, seperti kesalahan *ephemeris*.
- Medium propagasi, seperti bias ionosfer dan bias troposfer.
- GPS Receiver, seperti kesalahan jam *receiver*.

- Data pengamatan, seperti ambiguitas fase dan *cycle slip*.
- Lingkungan sekitar GPS *receiver*, seperti *multipath*.

Berikut ini akan dijelaskan karakteristik dari kesalahan dan bias yang umum terjadi.

1. Kesalahan orbit (*ephemeris*)

Kesalahan *ephemeris* merupakan kesalahan dimana orbit satelit yang dilaporkan oleh *ephemeris* satelit tidak sama dengan orbit satelit yang sebenarnya sehingga akan mempengaruhi ketelitian koordinat titik-titik yang akan ditentukan.

2. Bias ionosfer

Ion-ion bebas (elektron) dalam lapisan ionosfer akan mempengaruhi propagasi sinyal GPS. Dalam hal ini ionosfer akan mempengaruhi kecepatan, arah, polarisasi, dan kekuatan GPS yang melaluinya. Ionosfer akan memperlambat kecepatan sinyal (ukuran jarak menjadi lebih panjang) dan mempercepat fase (ukuran jarak menjadi lebih pendek), dengan bias jarak (dalam unit panjang) yang sama besarnya. Jadi secara umum, bias ionosfer dapat mengakibatkan ukuran jarak yang dihasilkan menjadi kurang teliti.

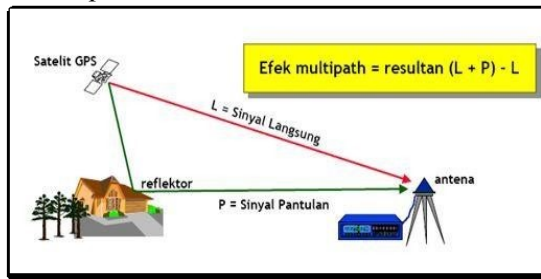
3. Bias troposfer

Ketika melalui lapisan troposfer, sinyal GPS akan mengalami refraksi, yang menyebabkan perubahan kecepatan dan arah sinyal GPS. Bias troposfer ini akan mempengaruhi kecepatan sehingga akan menghasilkan ukuran jarak yang kurang teliti.

4. *Multipath*

Multipath merupakan fenomena dimana sinyal dari satelit tiba di antena GPS melalui dua atau lebih lintasan yang berbeda. Dalam hal ini, satu sinyal merupakan sinyal langsung dari satelit ke

antena, sedangkan yang lainnya merupakan sinyal-sinyal tidak langsung yang dipantulkan oleh benda-benda (seperti: gedung, jalan raya, mobi, pepohonan, dll) di sekitar antenna sebelum tiba di antenna. Perbedaan panjang lintasan menyebabkan sinyal-sinyal tersebut berinterferensi ketika tiba di antenna yang mengakibatkan kesalahan pada pengamatan. Kesalahan akibat *multipath* akan menghasilkan ukuran jarak yang kurang teliti. *Multipath* akan mempengaruhi hasil ukuran *pseudorange* dan *carrier phase*.



Gambar 2.5 Ilustrasi *Multipath*
(Sumber: Abidin, 2000)

5. Ambiguitas fase (*cycle ambiguity*)

Ambiguitas fase dari pengamatan fase sinyal GPS merupakan jumlah gelombang penuh yang tidak terukur oleh GPS receiver (Abidin, 2000). Untuk dapat merekonstruksi jarak ukur antara satelit dengan antenna maka harga ambiguitas fase tersebut harus ditentukan terlebih dahulu. Hal ini diperlukan pada saat pengubahan data fase menjadi hasil ukur jarak sehingga dihasilkan ketelitian yang sangat presisi. Nilai ambiguitas fase akan selalu tetap selama pengamatan tidak terjadi *cycle slip*. Penentuan ambiguitas fase ini dilakukan dengan cara pemberian koreksi

terhadap nilai ambiguitas fase yang mengambang (*float*) sehingga diperoleh nilai ambiguitas fase yang integer.

6. *Cycle slip*

Cycle slip merupakan ketidak-kontinuan dalam jumlah gelombang penuh dari fase gelombang pembawa yang diamati, karena sinyal ke *receiver* terputus pada saat pengamatan sinyal. Jika dilakukan *plotting* data pengamatan fase terhadap waktu, maka *cycle slip* dapat dideteksi dari terdapatnya loncatan mendadak kurva grafik. Dalam proses pengolahan data untuk perhitungan posisi, pengkoreksian *cycle slips* bisa dilakukan sebagai suatu proses tersendiri sebelum proses estimasi posisi, ataupun secara terpadu dengan proses pengestimasian posisi.

2.3. Metode Gayaberat

Metode gayaberat adalah metode yang digunakan untuk mengukur variasi medan gayaberat bumi akibat adanya variasi densitas massa. Secara praktis, dalam metode ini dipelajari perbedaan medan gayaberat dari satu titik di permukaan bumi terhadap titik lainnya. Jika terdapat sebuah massa dengan densitas berbeda pada suatu daerah observasi gayaberat, maka massa tersebut akan menyebabkan semacam gangguan terhadap medan gayaberat bumi sekitarnya. Gangguan medan gayaberat ini kemudian disebut anomali gayaberat. Pengukuran dilakukan terhadap harga komponen vertikal dari percepatan gravitasi di suatu tempat. Kenyataannya bumi tidak bulat dan homogen isotropik sehingga terdapat variasi harga percepatan gravitasi untuk masing-masing tempat (Hofmann & Moritz, 2006). Pengukuran percepatan gravitasi pertama dilakukan oleh Galileo dalam eksperimennya di Pisa Italia, sehingga untuk menghormati Galileo satuan percepatan gravitasi didefinisikan sebagai berikut : $1 \text{ mGal} = 10^{-3} \text{ Gal} = 10^{-3} \text{ cm/s}^2 = 10^{-5} \text{ m/s}^2$. Satuan anomali gaya

gravitasi dalam kegiatan eksplorasi diberikan dalam orde mGal dikarenakan perubahan antar titik yang sangat kecil. Gayabarat di setiap titik dipermukaan bumi tidak akan konstan dan dipengaruhi oleh berbagai faktor diantaranya Lintang, Pasang surut, Ketinggian, Topografi dan Variasi densitas bawah permukaan (Padama, 2016).

2.3.1. Model Geopotensial Global

Representasi potensial medan gayabarat bumi dengan data koefisien model potensial global mengalami perkembangan yang sangat pesat. Perkembangan didorong oleh kemajuan dibidang persatelitan dan teknik komputer. Sejak peluncuran satelit pertama milik Amerika pada tahun 1958, perhitungan medan gayabarat bumi dengan bantuan pengamatan satelit maju dengan pesat, terutama satelit-satelit berlintasan rendah merupakan sumber yang sangat penting dalam studi-studi ilmu kebumihan dan oseanografi (Padama, 2016).

Berbagai aspek dalam geodesi fisis (antara lain: pembuatan global model koefisien potensial, penentuan orientasi bumi, pengukuran posisi) merasakan perkembangan yang cepat dari satelit geodesi. Dan kebanyakan permasalahan dalam geodesi fisik sedikit banyak bersifat dinamis yang berarti menuntut formulasi sebagai fungsi dari waktu (Padama, 2016).

Untuk memperoleh model koefisien potensial global yang lebih detail ataupun yang lebih baik, data-data dari analisis lintasan satelit dikombinasikan dengan semua data yang berhubungan erat dengan potensial gayabarat bumi (Padama, 2016). Satu dari data tersebut adalah anomali gayabarat yang diperoleh dari survei lapangan. Data ini secara geografis mempunyai sebaran yang bervariasi di beberapa tempat di permukaan bumi data ini telah diukur dengan resolusi tinggi sedangkan di tempat lain bahkan belum terukur sama sekali. Meskipun permukaan laut

bukanlah permukaan ekuipotensial, namun variasi terhadap geoid boleh dibilang kecil 1 m sebagai akibat eksistensi topografi permukaan laut. Karena pengukuran satelit altimetri sepanjang *track* sangat rapat, data-data yang diperoleh darinya sangat mendukung sekali untuk pembuatan global model koefisien geopotensial sampai derajat 360 (Padama, 2016).

Sampai saat ini telah banyak dipublikasikan model-model geopotensial gayaberat global yang dikeluarkan oleh beberapa institusi dengan ketelitian yang beragam seperti Ohio State University (OSU91A), Goddard Space Flight Center (GSFC), EGM1996, EGM2008, dan lain-lain. Peranan model geopotensial global sangat penting dalam menentukan undulasi geoid.

2.3.2. Perhitungan Undulasi Geoid

Data yang digunakan dalam perhitungan undulasi meliputi tiga macam. Pertama, data EGM2008 yang digunakan sebagai komponen gelombang panjang yang menunjukkan model geoid global (MGG). EGM2008 dihasilkan dari kombinasi data satelit gayaberat GRACE, data gayaberat terestris, dan data tinggi dari satelit *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM) dan data satelit altimetri. Data tinggi yang berfungsi sebagai komponen gelombang pendek. Data tinggi digunakan untuk menghitung pengaruh efek topografi dalam model geoid lokal. Data gayaberat terestris yang berfungsi sebagai komponen gelombang menengah. Data gayaberat terestris yang tersedia telah direduksi dengan metode *free-air* dan digunakan untuk menghitung nilai anomali gayaberat sehingga menghasilkan data yang disebut anomali gayaberat *free-air* (Martin dkk, 2010).

Persamaan dari *Integral stokes* digunakan untuk menghitung parameter gelombang menengah undulasi.

Persamaan dari *Integral Stokes* (Heiskanen & Moritz hal 107, 1967) adalah sebagai berikut:

$$N_{\Delta g} = \frac{R}{4\pi\gamma} \iint_{\sigma} \Delta g S(\psi) d\sigma \quad \dots\dots\dots(2.1)$$

dimana $S(\psi)$ merupakan Stoke's Kernel

$$S(\psi) = \frac{1}{s} - 4 - 6s + 10s^2 - 3(1 - s^2)\ln(s + s^2) \dots\dots(2.2)$$

dimana:

N : nilai undulasi (m)

γ : gayaberat normal (mGal)

R : diameter bumi (≈ 6371 km)

ψ : jarak lengkung antara suatu luasan dengan titik anomali potensial.

Δg : anomali Helmert namun anomali free-air juga bisa digunakan.

$d\sigma$: $\cos\phi d\phi d\lambda$ (spherical surface element)

2.4. Internasional Terrestrial Reference Frame (ITRF)

Kerangka Referensi Koordinat dimaksudkan sebagai realisasi praktis dari Sistem Referensi, sehingga sistem tersebut dapat digunakan untuk pendeskripsian secara kuantitatif posisi dari titik-titik, baik dipermukaan bumi (kerangka terestris), atau pun di luar bumi (kerangka selestial atau ekstra terestris). Kerangka Referensi biasanya direalisasikan dengan melakukan pengamatan geodetik, dan umumnya direpresentasikan dengan menggunakan suatu set koordinat dari sekumpulan titik maupun objek. ITRF menyediakan satu set koordinat dari beberapa titik yang terletak di permukaan bumi yang dapat digunakan untuk mengukur lempeng tektonik, subsidence regional dan/atau digunakan untuk mengukur rotasi bumi (Andreas, 2013).

Secara umum karakteristiknya:

1. Sistem geosentrik, dimana pusat massanya didefinisikan untuk seluruh bumi, termasuk lautan dan atmosfer.
2. Satuan panjang yang digunakan adalah meter.

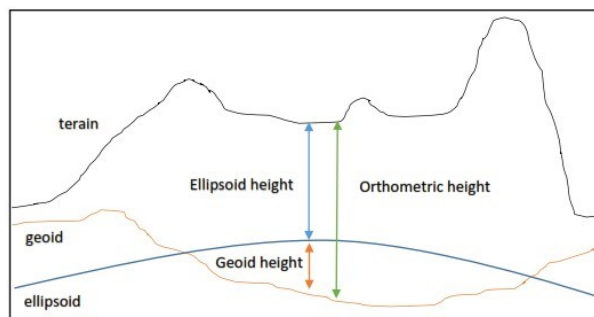
3. Sumbu-Z mengarah ke kutub CTP yang dinamakan IRP (IERS Reference Pole).
4. Sumbu-X berada dalam bidang meredian Greenwich yang dinamakan IRM (IERS Reference Meridian) dan terletak pada bidang ekuator bumi.
5. Sumbu-Y tegak lurus dengan sumbu-sumbu X dan Z dan membentuk system koordinat tangan kanan.

International GNSS Service (IGS) adalah suatu organisasi internasional yang merupakan kumpulan dari agensi di seluruh dunia yang mengumpulkan sumber dan data permanen dari stasiun GNSS dan memelihara sistem GNSS. IGS menyediakan data dan produk berkualitas tinggi yang digunakan untuk kepentingan penelitian ilmiah, aplikasi multidisiplin, pendidikan, yang merupakan salah satu komponen kunci penghubung ke ITRF sebagai kerangka realisasi sistem koordinat referensi global. Setiap negara berkontribusi dalam IGS dengan membangun stasiun-stasiun IGS di seluruh dunia dan saat ini IGS menangani dua stasiun GNSS, yaitu GPS dan GLONASS. CORS (*Continuously Operating Reference Stations*) adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu jaring kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan receiver yang mampu menangkap sinyal dari satelit-satelit GNSS yang beroperasi secara kontinyu 24 jam per hari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan para pengguna memanfaatkan data untuk penentuan posisi, baik secara *post-processing* maupun *real-time*.

Cakupan IGS sangat luas dan bervariasi jika dibandingkan dengan cakupan dari kerangka CORS bisa mencapai beberapa ratus kilometer. Namun ada banyak kendala jika kita menggunakan IGS sebagai titik ikat langsung pengukuran bidang tanah. Selain akan mempengaruhi nilai ketelitian yang dihasilkan dikarenakan jarak yang jauh, pengolahan data dari pengukuran yang terikat pada IGS juga membutuhkan kemampuan perangkat lunak yang memadai dan tidak mudah dalam pengolahannya.

2.5. Geoid

Konsep geoid pertama kali digagas oleh C.F.Gauss. Geoid adalah bidang ekuipotensial gayaberat bumi yang menyinggung muka laut. Namun permukaan laut tidaklah stabil dan banyak dipengaruhi oleh angin, cuaca, dan lain-lain. Karena itu digunakanlah MSL sebagai pendekatan dari geoid. Geoid sering dinyatakan sebagai bentuk fisik bumi yang sebenarnya. Tapi, geoid bukanlah bentuk permukaan pada kerak bumi. Geoid bisa saja terletak di atas atau di bawahnya. Geoid terdiri atas 3 macam gelombang yaitu gelombang pendek, menengah, dan panjang. Gelombang pendek didapat dari data pengamatan gravitasi, gelombang menengah dari koreksi terain, serta gelombang panjang dari data model geopotensial global. Saat ini digunakan beberapa pendekatan model geoid secara global diantaranya EGM 96, EGM 2008, dll. Jarak geoid terhadap ellipsoid disebut Undulasi geoid (N). Nilai dari undulasi geoid tidak sama di semua tempat, hal ini disebabkan ketidakseragaman sebaran densitas massa bumi. Untuk keperluan aplikasi geodesi dibutuhkan geoid dengan ketelitian yang cukup tinggi (Featherstone, 2006). Pada Gambar 2.6 dijelaskan referensi tinggi.



Gambar 2.6 Ilustrasi Ellipsoid dan Tinggi Orthometrik

(Sumber: Featherstone, 2006)

2.6. GAMIT/GLOBK

GAMIT/GLOBK adalah alat analisa GPS komprehensif yang dikembangkan di Massachusetts Institute of Technology (MIT), Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA), Scripps Institution of Oceanography (SIO), dan Australian National University untuk perhitungan koordinat stasiun dan kecepatan, representasi stokastik atau fungsional dari deformasi pasca seismik, jeda atmosferik, orbital satelit, dan parameter orientasi Bumi. Walaupun sekarang perangkat lunak ini dikelola oleh tiga orang dari MIT, banyak orang telah memberikan sumbangsih dalam perangkat lunak ini.

Untuk mengontrol pengolahan perangkat lunak ini, GAMIT menggunakan skrip *C-shell* (disimpan di `/com` dan biasanya dinamai untuk memulai dengan `sh`) dimana memicu *FORTRAN* atau program *C* yang terkompilasi di `/libraries`, `/gamit`, dan direktori `/kf`. Perangkat lunak ini didesain untuk jalan dibawah sistem operasi UNIX apapun yang mendukung X-Windows; pengembang juga mengimplementasi versi sejauh ini untuk LINUX, Mac OS-X, HP-UX, Solaris, IBM/RISC, dan DEC. Logika parameter mengizinkan maksimum hingga 99 titik lokasi namun distribusi standar adalah terbatas untuk 60 titik lokasi sejak efisiensi yang lebih besar didapatkan untuk jaringan besar oleh pengolahan paralel dengan subnet terkoneksi. Pengolahan IGS di MIT termasuk 300 titik lokasi, dan pengolahan di New Mexico Tech untuk North American Plate Boundary Observatory mencapai 1000 titik lokasi (Herring, 2010a).

GAMIT menggabungkan algoritma kuadrat terkecil gaya berat untuk mengestimasi posisi relatif dari sekumpulan stasiun, orbital dan parameter rotasi Bumi, jeda zenith, dan ambiguitas fase dengan mencocokkan ke pengamatan fase diferensiasi dua kali. Sejak model fungsional (matematis) berkaitan pengamatan dan parameter adalah non-linear, GAMIT membuat dua solusi, pertama yakni mendapatkan koordinasi dalam desimeter, dan yang kedua yakni mendapatkan estimasi akhir (Herring, 2010b). Gamit membutuhkan delapan macam input data, antara lain:

1. *Raw data* dari data pengamatan GPS
2. *L-File* berisi koordinat dari semua stasiun pengamatan atau titik ikat yang digunakan. Koordinat yang digunakan menggunakan koordinat geosentrik.
3. File *station.info*, berisi informasi stasiun-stasiun
4. File *session.info*, berisi sesi data yang akan diolah. Informasi yang tercantum antara lain (tahun, *doy*, sesipengamatan, *sampling rate*, banyak epok, dan nomor-nomor satelit). File juga dapat di buat dengan perintah *makexp* dari GAMIT.
5. File Navigasi, berupa RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*), *Navigation Messages* maupun *ephemeris* yang disediakan IGS.
6. File *settbl*, memuat *control table* mengenai karakteristik proses yang dieksekusi oleh GAMIT.
7. File *sittbl*, digunakan untuk memberikan konstrain pada setiap stasiun pengamatan yang digunakan.
8. File GPS *precise ephemeris* yang didapat dari IGS dalam format *sp3*.

Hasil akhir dari proses pengolahan data pengamatan GPS dengan perangkat lunak GAMIT adalah sebagai berikut :

1. *q-file*, memuat semua informasi hasil pengolahan data pengamatan GPS dengan GAMIT yang disajikan dalam dua versi *Biasses-free Solution* and *Biass-fixed Solution*.
2. *h-file*, berisi pengolahan dengan *Lossely Constraint Solutions* yang berupa parameter-parameter yang digunakan berupa matriks varian kovarian pada pengolahan lanjutan dengan GLOBK (*Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program*)
3. *Autcln.summary-file*, yang terdiri atas *file autcln.prefit.sum* dan *autcln.post.sum*. kedua file tersebut berisi data statistic hasil editing dengan *autcln*.

GLOBK (Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program) adalah perangkat lunak pemfilter data dengan metode kalman filter, yang bertujuan untuk menggabungkan solusi dari

pengolahan data primer dari geodesi satelit atau pengukuran terestris. Pengolahan diterima sebagai data (quasi observation) yang terkait dengan matriks kovarian untuk koordinat titik, parameter rotasi bumi, parameter orbit, dan posisi titik yang dihasilkan dari analisis observasi.

Ada tiga fungsi yang biasa dijalankan di dalam GLOBK, yaitu (Herring, 2010c):

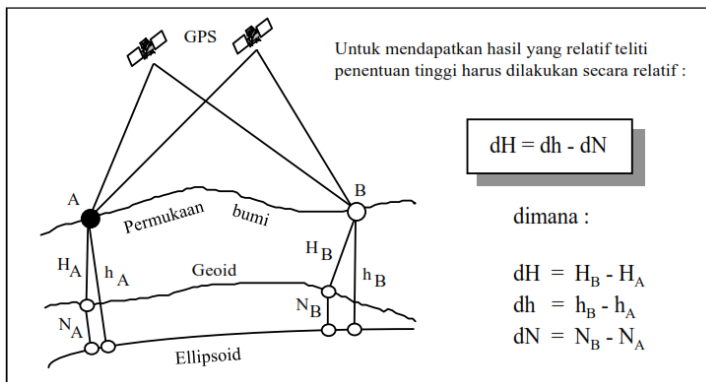
- a. Mengombinasikan hasil pengolahan harian untuk menghasilkan koordinat stasiun rata-rata dari pengamatan yang dilakukan lebih dari satu hari.
- b. Melakukan estimasi koordinat stasiun dari pengamatan harian yang digunakan untuk menggeneralisasikan data runtut waktu (*time series*) dari pengamatan teliti harian atau tahunan.
- c. Mengombinasikan sesi pengamatan individu dengan koordinat stasiun dianggap stokastik, hasilnya adalah koordinat *repeatibilities* untuk mengevaluasi tingkat ketelitian pengukuran harian atau tahunan.

2.7. Penentuan Tinggi Orthometrik dengan GPS

Ketinggian titik yang diberikan oleh GPS adalah ketinggian titik di atas permukaan ellipsoid, yaitu ellipsoid WGS 1984 (Abidin, 2001). Tinggi ellipsoid (h) tersebut tidak sama dengan tinggi orthometrik (H) yang umum digunakan untuk keperluan praktis sehari-hari yang biasanya diperoleh dari pengukuran sipat datar. Tinggi orthometrik suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas geoid diukur sepanjang garis gayaberas yang melalui titik tersebut, sedangkan tinggi ellipsoid suatu titik adalah tinggi titik tersebut di atas ellipsoid dihitung sepanjang garis normal ellipsoid yang melalui titik tersebut. Patut dicatat di sini bahwa geoid adalah salah satu bidang ekuipotensial medan gaya berat Bumi. Untuk keperluan praktis umumnya geoid dianggap berimpit dengan MSL.

Geoid adalah bidang referensi untuk menyatakan tinggi orthometrik. Secara matematis, geoid adalah suatu permukaan yang sangat kompleks yang memerlukan sangat banyak parameter

untuk merepresentasikannya. Maka untuk merepresentasikan bumi ini secara matematis serta untuk perhitungan matematis orang umumnya menggunakan suatu ellipsoid referensi dan bukan geoid. Ellipsoid referensi dan geoid umumnya tidak berimpit, dan dalam hal ini ketinggian geoid terhadap ellipsoid dinamakan undulasi geoid (N). Untuk dapat mentransformasi tinggi ellipsoid hasil ukuran GPS ke tinggi orthometrik maka diperlukan undulasi geoid di titik yang bersangkutan (Abidin, 2004). Pada Gambar 2.7 dijelaskan sistem tinggi dan undulasi.

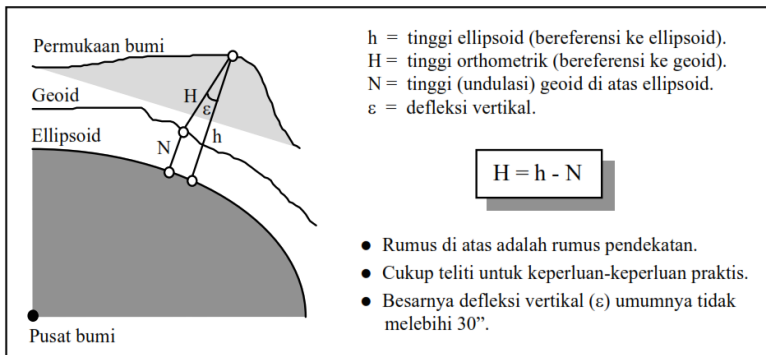


Gambar 2.7 Ilustrasi Tinggi Ellipsoid, Tinggi Orthometrik dan Undulasi

(Sumber: Abidin, 2004)

Ketelitian dari tinggi orthometrik yang diperoleh akan bergantung pada ketelitian dari tinggi GPS serta undulasi geoid. Perlu dicatat di sini bahwa penentuan undulasi geoid secara teliti (orde ketelitian cm) bukanlah suatu pekerjaan yang mudah. Disamping diperlukan data gaya berat yang detil, juga diperlukan data ketinggian topografi permukaan bumi serta data densitas material di bawah permukaan bumi yang cukup. Untuk mendapatkan hasil yang relatif teliti, transformasi tinggi GPS ke tinggi orthometrik umumnya dilakukan secara diferensial, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.8. Karena dh dapat ditentukan lebih teliti dibandingkan h dan dN dapat ditentukan lebih teliti

dibandingkan N , maka dapat diharapkan bahwa dH yang diperolehpun akan lebih teliti (Abidin, 2004).



Gambar 2.8 Ilustrasi dH , dh dan dN
 (Sumber: Abidin, 2004)

2.8. Penelitian Terdahulu

Hasanuiddin Z. Abidin dkk (2004) melakukan penelitian tentang Penentuan Tinggi Orthometrik Gunung Semeru menggunakan Data Survei GPS dan Model Geoid EGM 1996. Pengukuran GPS dilakukan dengan metode differential dengan titik ikat di station BAKOSURTANAL di Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Pengolahan data yang diamati pada survei GPS dilaksanakan dengan menggunakan perangkat lunak ilmiah Bernese 4.2. Model Geoid yang digunakan yaitu model EGM 1996. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan nilai tinggi orthometric Gunung Semeru. Hasil yang diperoleh dari penelitian tinggi orthometrik gunung Semeru, yang menggunakan data survei GPS serta model gayabarat EGM96, kalau digunakan rentang satu deviasi standar (yaitu 0.85 m), maka ketinggiannya adalah antara 3676.6 m sampai 3678.3 m.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan di Kota Surabaya, Jawa Timur. Secara geografis berada pada 07°09'00"– 07°21'00" Lintang Selatan dan 112°36' - 112°57' Bujur Timur.

Adapun titik pengamatan penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan Stasiun IGS pada Gambar 3.2.

3.2. Data dan Peralatan

3.2.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini:

1. Data pengukuran GPS pada titik pengamatan.
2. Data Stasiun IGS sebagai titik ikat.
3. Data *precise ephemeris* (.sp3).
4. Data navigasi satelit (.N).
5. Data tinggi orthometrik Stasiun BAKO.
6. Data Model Geopotensial Global EGM 2008.
7. Data Gayaberat Observasi dari pengukuran.

3.2.2. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir:

3.2.2.1. Perangkat Keras (*Hardware*)

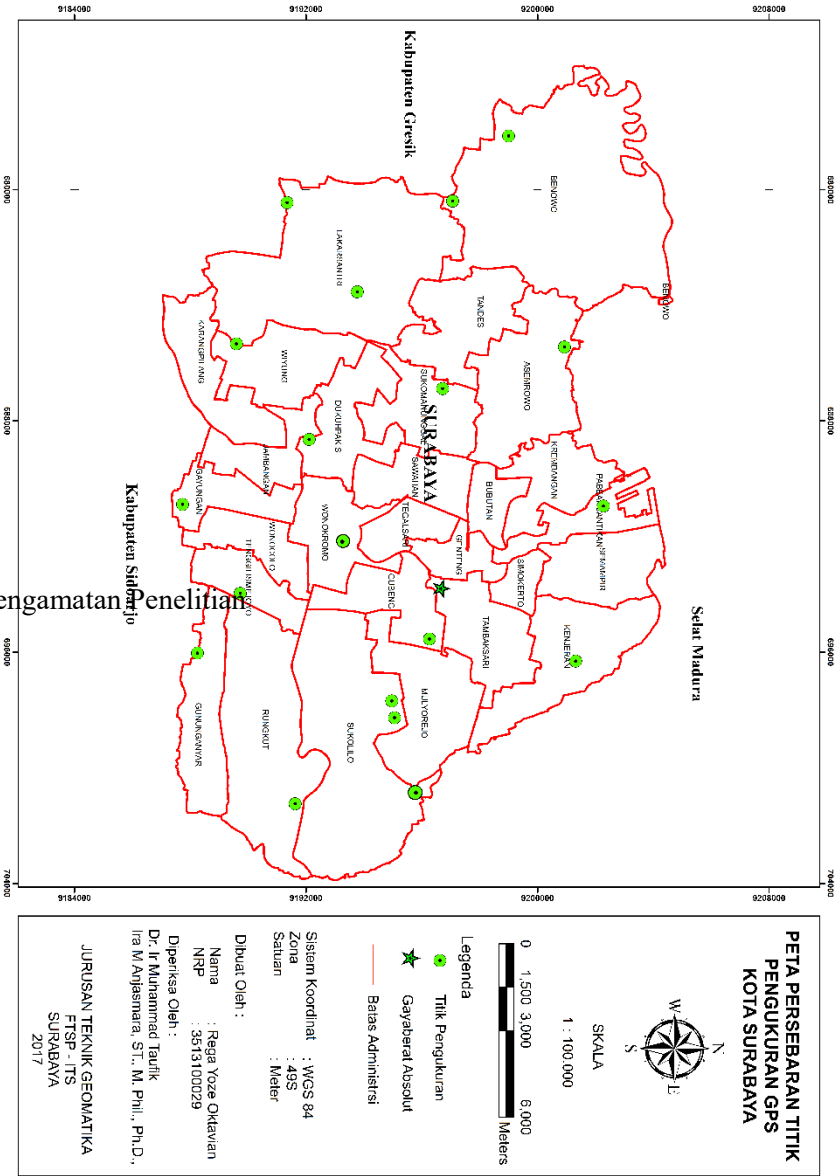
1. Laptop
2. Printer untuk mencetak hasil penelitian.

3.2.2.2. Perangkat Lunak (*Software*)

1. Microsoft Office 2016
2. GAMIT/GLOBK
3. Force 2.0 (Fortran) untuk ekstraksi data EGM 2008.
4. ArcGis 10.2 untuk pembuatan peta.

3.2.2.3. Alat Ukur

1. GPS Geodetik.
2. Gravimeter LaCoste & Romberg.



3.1 Detil Titik Pengamatan Penelitian



Titik Hijau adalah lokasi Stasiun IGS

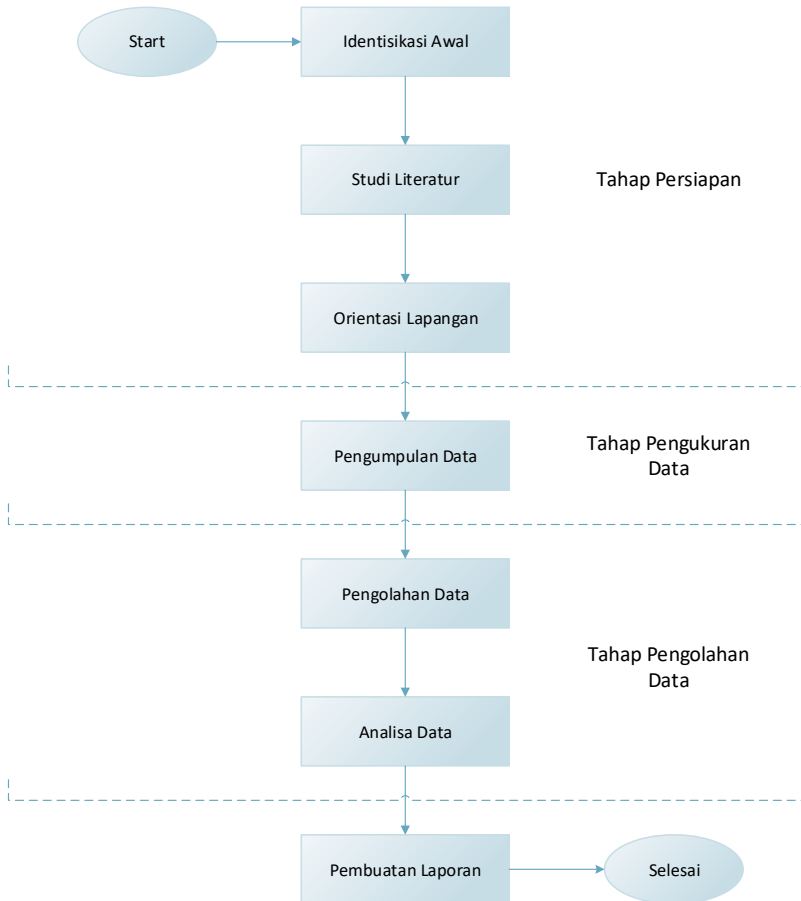
Dengan lingkaran hitam adalah Stasiun IGS yang dipakai

an IGS dalam penelitian

3.3. Metodologi Penelitian

3.3.1. Tahapan Penelitian

Tahapan yang akan dilaksanakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah seperti pada diagram alir berikut ini:



Gambar 3.3 Diagram Alir Tahapan Penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir metode penelitian:

a. Tahap Persiapan

i. Identifikasi Awal

Adapun permasalahan dalam penelitian ini mengenai bagaimana mengetahui nilai undulasi menggunakan data pengamatan gayaberat dan mengetahui tinggi ellipsoid dengan menggunakan data pengukuran GPS sehingga didapatkan nilai tinggi orthometrik Surabaya.

ii. Studi Literatur

Merupakan teknik pengumpulan data dengan mencari informasi secara teoritis melalui buku-buku, majalah, serta jurnal, yang berhubungan dengan masalah yang diteliti. Tahapan ini bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur yang dilakukan meliputi: Pengumpulan data yang terdiri atas data pustaka, dan dokumen - dokumen.

iii. Orientasi Lapangan

Orientasi Lapangan adalah persiapan teknis maupun non teknis yang menunjang pelaksanaan survei. Orientasi lapangan bertujuan untuk mengetahui kondisi lapangan yang akan dilakukan pengukuran. Dalam penelitian ini orientasi lapangan meliputi kegiatan perizinan pengukuran dan verifikasi titik-titik BM yang akan diukur untuk selanjutnya dapat disusun rencana kerja secara detail dan menyeluruh.

b. Tahap Pengumpulan Data

Pada tahapan ini, dilakukan pengumpulan data untuk mencari data-data yang menjadi pokok bahasan dalam penelitian tugas akhir ini. yaitu berupa, data pengukuran GPS dan data pendukung (data Stasiun IGS, data awal, data navigasi satelit, dan lain-lain), data ikat tinggi orthometric BAKO, data EGM 2008, data pengamatan gayaberat, dan data administrasi Kota Surabaya. Untuk penjelasan lebih lanjut bisa dilihat pada digram alir persiapan dan pengukuran.

c. Tahap Pengolahan Data

Setelah proses pengumpulan data dilakukan, selanjutnya adalah proses pengolahan data. Terdapat tiga data utama yaitu data pengukuran GPS untuk penentuan tinggi ellipsoid, data EGM dan data pengamatan gayaberat untuk penentuan undulasi, yang akan digunakan untuk penentuan tinggi orthometrik. Untuk penjelasan lebih lanjut bisa dilihat pada diagram pengolahan data.

d. Analisa Hasil Pengolahan

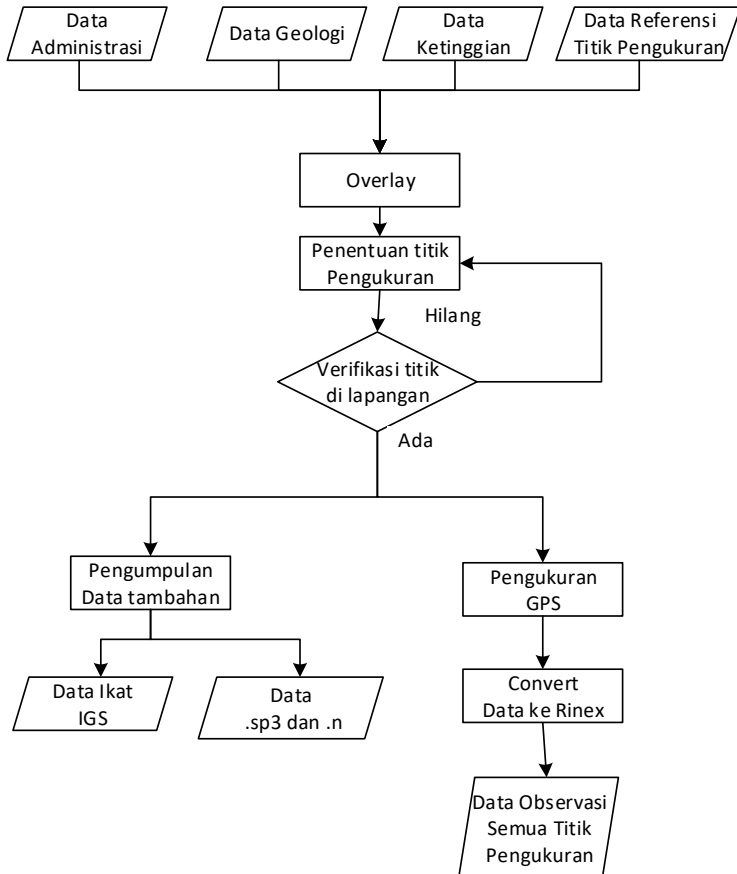
Setelah proses pengolahan data selesai, maka selanjutnya dilakukan Analisa data. Analisa dilakukan untuk mengetahui nilai undulasi geoid dan tinggi ellipsoid untuk penentuan tinggi orthometrik kota Surabaya.

e. Pembuatan Laporan Akhir

Tahapan ini merupakan tahap akhir dari penelitian yang dilakukan. Pada tahap ini, dilakukanlah penulisan laporan dari semua kegiatan penelitian yang telah dilakukan.

3.4. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan 3.5. Tahapan pengumpulan data dari penelitian yang dilakukan, digambarkan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.4 Diagram Alir Pengambilan Data

Berikut adalah penjelasan diagram alir pengumpulan data:

1. *Overlay* data

Dari semua data yang dipakai di *overlay* terlebih dahulu untuk dilakukan analisa titik mana saja yang paling efektif untuk dilakukan pengukuran GPS.

2. Penentuan titik pengukuran

Setelah proses *overlay*, selanjutnya memilih titik mana yang akan diukur. Pemilihan titik didasarkan pada parameter-parameter di atas, seperti keadaan struktur tanah, jenis tanah, patahan, ketinggian dan kondisi sekitar titik dilapangan. Dusahakan kondisi sekitar titik terbuka.

3. Verifikasi titik di lapangan

Verifikasi titik dilakukan untuk pengecekan apakah patok yang akan diukur masih ada atau sudah hilang/rusak. Jika patok yang akan diukur hilang/rusak dilakukan penentuan titik ulang.

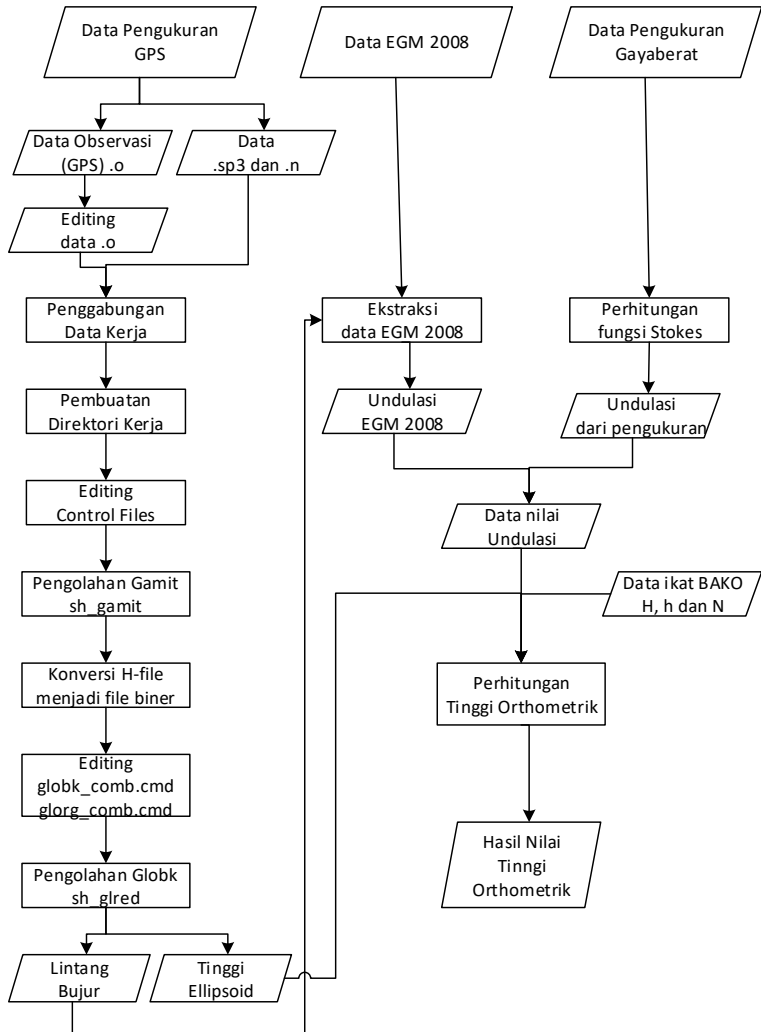
4. Pengumpulan Data Tambahan

Pengumpulan data IGS, data navigasi dan data *Prechise Ephemeris* digunakan untuk titik ikat (base) dalam pengolahan data GPS. Titik ikat yang digunakan minimal 3 titik. Dalam penelitian ini digunakan 5 titik agar terdapat hitungan lebih. Titik ikat yang digunakan yaitu BAKO, JOG2, XMIS, DARW dan KAT1.

5. Pengukuran GPS

Pengukuran GPS dilakukan pada 19 titik pengukuran yang sudah ditentukan. Pengukuran GPS pada penelitian ini dilakukan minimal selama 12 jam, karena lama satelit mengelilingi bumi selama 12 jam. Setelah pengukuran GPS dilakukan data yang diperoleh masih berformat sesuai alat yang digunakan, jadi harus di *Convert* ke Rinex.

Tahapan pengolahan data dari penelitian yang dilakukan, digambarkan pada diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.5 Diagram Alir Pengolahan Data

Berikut adalah penjelasan diagram alir pengolahan data:

1. Editing data observasi GPS

Editing data observasi GPS dilakukan untuk memasukkan tinggi alat pada waktu pengukuran, receiver dan juga antenna yang digunakan. *Editing* data bisa dilakukan di software komersial seperti contohnya Topcon Tools ataupun bisa dilakukan di notepad. Setelah proses editing dilakukan penggabungan data kerja agar proses pengolahan bisa dilakukan dengan teratur.

2. Pembuatan Direktori Kerja File GAMIT

Dalam pembuatan direktori kerja sudah dilakukan di OS ubuntu. Direktori kerja sebaiknya dibuat di home (~/.). Dalam direktori kerja tersebut nantinya terdapat folder-folder yang menyusun struktur kerja dari pengolahan GAMIT, adapun folder tersebut adalah :

- a. BRDC, folder yang digunakan untuk menyimpan file pendukung yaitu file navigasi global sesuai dengan DOY data yang akan diolah. File navigasi tersebut terdapat dua tipe yaitu auto[ddd]0.[yy]n dan brdc[ddd]0.[yy]n. Dimana ddd adalah DOY atau hari dari pengamatan, dan yy adalah *year*/tahun.
- b. *Prechise Ephemeris*, folder yang digunakan untuk menyimpan file pendukung yaitu orbit satelit. Pada umumnya file yang digunakan bertipe *final precise ephemeris* dengan format *.sp3.
- c. RINEX, folder yang digunakan untuk menyimpan file-file RINEX observasi baik itu dari titik pengamatan ataupun titik ikat.
- d. Tables, folder yang berisi file-file kontrol dari pengolahan GAMIT. Folder tables dibuat secara otomatis menggunakan perintah bawaan dari *software* GAMIT yaitu dengan mengetikkan “sh_setup -yr [yyyy] -apr [apr file]” pada direktori *project*. Dalam perintah tersebut “yyyy” menyatakan tahun dari data

yang digunakan dan “apr file” menyatakan ITRF yang digunakan.

3. *Editing Control Files* pada Folder Tables

Editing Control Files merupakan tahapan untuk mengatur parameter dan skenario pengamatan dari perangkat lunak GAMIT sesuai yang telah direncanakan. Adapun *control files* yang perlu diedit adalah sebagai berikut:

- a. File *lfile.*, berisi koordinat pendekatan (apriori) dari stasiun pengamatan global. Koordinat dari stasiun pengamatan baik titik pantau maupun titik kontrol harus ditambahkan ke dalam file ini.
- b. File *station.info*, merupakan file yang berisi informasi dari setiap stasiun yang diolah. Adapun informasi yang terdapat pada file *station.info* seperti informasi waktu, tinggi antena, tipe *receiver*, dll.
- c. File *process.defaults*, digunakan untuk menentukan lokasi file-file yang akan dilakukan pengolahan GAMIT. File ini juga digunakan untuk menentukan tipe file navigasi yang digunakan serta apr file yang digunakan.
- d. File *sestbl*, merupakan file yang berisi skenario pengolahan atau memuat control table mengenai karakteristik proses.
- e. File *sites.defaults*, merupakan file yang digunakan dalam *automatic batch processing*. File ini digunakan untuk mengontrol penggunaan stasiun dalam pengolahan dengan GAMIT dan GLOBK.
- f. File *sittbl*, merupakan file yang didalamnya berisi nilai *constraint* pada setiap koordinat apriori stasiun yang akan diolah. Untuk titik ikat berikan nilai *constraint* yang kecil, karena dianggap tidak memiliki perubahan posisi yang besar sedangkan untuk titik pengamatan berikanlah *constraint* yang besar.

4. Pengolahan menggunakan GAMIT

Setelah semua data sudah terkumpul dan *control files* telah diatur, langkah berikutnya adalah melakukan perintah “sh_gamit” pada terminal linux dengan perintah lengkap sebagai berikut:

```
sh_gamit -d yyyy ddd1 ddd2 dddn -expt [expt]
```

dimana “yyyy” adalah tahun dari data yang diolah, “ddd₁” adalah DOY data pertama yang diolah, “ddd₂” adalah DOY data kedua yang diolah, “ddd_n” adalah DOY data ke-n yang diolah, dan “expt” adalah nama *experiment* atau nama *project* pengolahan. Hasil yang didapatkan dari pengolahan GAMIT adalah folder sebanyak DOY yang diolah. Setiap folder DOY terdapat h-file hasil pengolahan GAMIT.

5. Konversi h-file dan *Editing file globk_comb.cmd* dan *glorg_comb.cmd*

Untuk melanjutkan pengolahan dengan GLOBK file h-file hasil dari pengolahan GAMIT perlu dikonversi menjadi file biner begitu juga h-file global, adapun cara konversi data tersebut dapat dilakukan dengan perintah sebagai berikut:

```
htoglb [directory output][ephemeris file][input file]
```

Hahasil konversi dari perintah diatas adalah berupa file *.glr dan *.glx. File berformat *.glr merupakan solusi *ambiguitas fase free* dan file *.glx merupakan solusi *ambiguitas fase fixed*. Kemudian salin markov file dari ~/gg/tables dan nantinya dibuat file *.gdl di dalamnya. Terdapat perintah untuk penyalinan markov file

globk_comb.cmd dan glorg_comb.cmd ini bisa dilakukan dengan perintah otomatis yakni sh_glred.

```
Sh_glred -cmd
```

Kemudian buat list file (ekstensi *.gdl) H-FILES yang akan diolah dengan GLOBK (ekstensi *.glx) pada folder /gsoln, lalu lakukan editing list file tersebut, bisa dilakukan dengan perintah.

```
ls ../glbf/*.glx > expt.gdl
```

Setelah proses konversi, dilakukan proses *editing file* *globk_comb.cmd* dan *glorg_comb.cmd* seperti edit bagian itr08_comb.apr menjadi itr08.apr, bagian itr08_comb.eq diganti dengan IGS08_disc.eq, untuk mendapatkan output koordinat UTM, maka pada bagian prt_opt diedit menjadi NOPR GDLF CMDS BLEN UTM. Sedangkan untuk mendapatkan output panjang *baseline* pada bagian org_opt diedit menjadi PSUM CMDS GDLF FIXA RNRP BLEN UTM.

6. Pengolahan menggunakan GLOBK

Langkah selanjutnya adalah melakukan pengolahan GLOBK untuk mendapatkan perubahan koordinat secara *time series*. Adapun bentuk perintah yang harus dimasukkan pada terminal linux adalah sebagai berikut:

```
sh_glred -s yyyy1 ddd1 yyyy2 ddd2 -expt [expt] -opt H G E
```

Keterangan :

yyyy1 : tahun awal dari data yang diolah
 ddd1 : DOY awal dari data yang diolah
 yyyy2 : tahun akhir dari data yang diolah
 ddd2 : DOY akhir dari data yang diolah

expt : nama *experiment* atau nama *project*
 H : memindah h-file kedalam direktori glbf
 G : membentuk file ekstensi .gdl
 E : *plottingtime series*

Hasil dari menjalankan GLOBK adalah *file* berekstensi .org, kemudian *file plotting time series* dengan pola file psbase_[expt].[GPS], selain itu juga terdapat file yang berisi koordinat toposentris dengan pola nama VAL.[expt].

7. Pengolahan data EGM 2008

Pengolahan data EGM 2008 dapat dilakukan dengan software Force 2.0 (Fortran) dengan script dan data yang sudah disediakan di website EGM 2008. Terdapat beberapa model dalam pengolahan data EGM 2008. Pemilihan model pengolahan bisa dilakukan dengan pengecekan hasil yang di dapat dari running script dengan hasil yang sudah disediakan. Jika hasil cocok maka model pengolahan tersebut yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan model pengolahan interpolation 2.5 x 2.5. Pengolahan dilakukan dengan memasukkan input data koordinat lintang bujur yang sudah didapatkan dari pengolahan data GPS.

8. Pengolahan data gayaberat relatif

Untuk mendapatkan nilai undulasi dari pengukuran gayaberat relatif bisa dilakukan dengan perhitungan fungsi stokes. Perhitungan fungsi stokes memerlukan data anomali gayaberat *free-air*. Anomali gayaberat *free-air* diperoleh dari hasil perbandingan antara gayaberat observasi (lokal), gaya berat normal dan koreksi *free-air*. Tujuannya adalah untuk mengetahui perbedaan gayaberat di geoid dan gayaberat normal pada permukaan referensi datum untuk setiap lintang pengamatan. Hasil undulasi dari pengukuran dilapangan digunakan sebagai gelombang menengah untuk mereduksi kesalahan dalam nilai undulasi EGM 2008.

Semakin rapat data yang dihasilkan dari pengukuran gayaberat terrestris maka data yang dihasilkan semakin baik.

9. Pengolahan nilai undulasi geoid

Untuk menentukan undulasi harus dicari nilai N_{GM} dan $N_{\Delta g}$. N_{GM} didapatkan dari perhitungan data model geopotensial global menggunakan EGM 2008. $N_{\Delta g}$ didapatkan dari perhitungan menggunakan fungsi stokes memakai data hasil dari anomali gayaberat. Kedua data tersebut sudah didapatkan, selanjutnya dilakukan penggabungan data dengan rumus berikut.

$$N = N_{GM} + N_{\Delta g} \dots\dots\dots(3.1).$$

10. Perhitungan tinggi orthometrik

Data ikat untuk perhitungan tinggi orthometrik adalah stasiun BAKO yang berada di kawasan kantor BIG di Cibinong, Bogor, Jawa Barat. Data titik ikat terdiri dari data tinggi orthometrik (H_D), data beda tinggi ellipsoid (dh) dari baseline pengolahan GPS dan selisih nilai undulasi (dN). Dalam hal ini tinggi orthometrik titik yang dicari (H_C) dapat dihitung berdasarkan hubungan pendekatan sebagai berikut:

$$H_C = H_D + dh_{DC} - dN_{DC} \dots\dots(3.2)$$

dimana:

- H_C : Tinggi orthometrik yang dicari
- H_D : Tinggi orthometrik yang diketahui
- $dh_{DC} (h_C - h_D)$: beda tinggi ellipsoid
- $dN_{DC} (N_C - N_D)$: selisih nilai undulasi

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

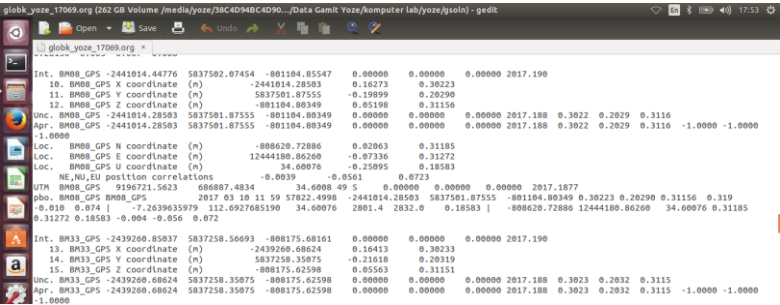
4.1. Hasil Pengolahan Data Pengamatan GPS

Pengukuran GPS dilakukan pada bulan Maret 2017 dengan 19 titik pengukuran di kawasan Kota Surabaya. Pengukuran menggunakan GPS Geodetik dan waktu pengukuran berkisar 6 sampai 24 jam. Terdapat 3 tipe GPS Geodetik yang digunakan yaitu Topcon Hiper Pro, Topcon Hiper SR dan Hi Target VNet6. Pengolahan data GPS dilakukan dengan menggunakan software GAMIT/GLOBK. Untuk pengolahan data GPS menggunakan GAMIT/GLOBK terdapat beberapa langkah yang harus dilakukan. Data yang dihasilkan dari pengukuran masih mengandung format dari alat yang digunakan, untuk itu harus di ubah menjadi fimat RINEX (*Receiver Independent Exchange Format*). Proses tersebut bisa dilakukan disoftware bawaan alat seperti Topcon Tools dan HGO. Selain merubah ke format RINEX dilakukan editing tinggi alat saat mengukur, nama Receiver dan jenis Antenna yang digunakan. Hasil tersebut berupa data .yyo, .yyn, dan .yyg (dimana yy merupakan dua angka terakhir tahun pengamatan). Karena data utama yang dibutuhkan pada GAMIT/GLOBK adalah data RINEX atau .yyo, maka hanya diambil data .yyo. Selain data dari pengukuran pada pengolahan GAMIT/GLOBK diperlutan data ikat, data titik ikat bisa menggunakan data IGS ataupun data CORS di daerah sekitar pengukuran. Dalam penelitian ini digunakan 5 titik ikat IGS yaitu BAKO, JOG2, XMIS, DARW dan KAT1.

Kemudian dilakukan pembuatan direktori kerja. Data RINEX .yyo baik titik pengamatan maupun titik ikat dimasukkan ke direktori kerja bersamaan dengan data precise ephemeris, data navigasi satelit, maupun data pendukung seperti data ion dan meteorologi. Setelah tabel direktori kerja telah disesuaikan, seperti editing lfile, station.info, process.defaults, sestbl, sites.defaults, dan sittbl maka dilakukan proses GAMIT dengan perintah `sh_gamit`. GAMIT berguna untuk menentukan estimasi, matriks kovarian, dan parameter rotasi bumi (Herring, 2010). Hasil yang diperoleh

dari sh gamit berupa folder per doy dan data selain doy yang dihasilkan dari pengubahan pengaturan di folder table direktori kerja

Proses selanjutnya adalah melakukan GLOBK pada hasil keluaran GAMIT. GLOBK berfungsi untuk menghasilkan koordinat akhir, *time-series*, dan *velocity*/laju pergeseran posisi (Herring, 2010). Data hfile yang dihasilkan di folder doy diubah menjadi data biner, sehingga dapat diproses. Perintah `globk_comb.cmd` dan `glorg_comb.cmd` perlu dilakukan penyesuaian. Hasil koordinat akhir dapat dilihat dari VALfile pada folder `gsoln`. Pada penelitian ini pengolahan GAMIT/GLOBK lebih menekankan untuk mencari nilai tinggi ellipsoid dan standart deviasi. Nilai tersebut bisa dilihat pada `.org` pada folder `gsoln`.



Gambar 4.1 Hasil globk .org

The screenshot shows a text editor window titled "globk_yoze_17069.org" with a file path of "C:\Users\lab\Documents\lab\yoze\gsoln*.org". The text content includes several lines of data, such as:

```
Int. BM08_GPS -2441014.44776 5837582.07454 -801104.85547 0.00000 0.00000 0.00000 2017.190
10. BM08_GPS X coordinate (m) -2441014.28503 0.16273 0.30223
11. BM08_GPS Y coordinate (m) 5837581.87555 -0.19899 0.20290
12. BM08_GPS Z coordinate (m) -801104.80349 0.05198 0.31156
Unc. BM08_GPS -2441014.28503 5837581.87555 -801104.80349 0.00000 0.00000 0.00000 2017.188 0.3022 0.2029 0.3116
Apr. BM08_GPS -2441014.28503 5837581.87555 -801104.80349 0.00000 0.00000 0.00000 2017.188 0.3022 0.2029 0.3116 -1.0000 -1.0000
```

Gambar 4.2 Standart Deviasi

Adapun hasil koordinat akhir titik pengamatan dari GLOBK pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.1 yakni:

Tabel 4.1 Data Koordinat dan Tinggi Ellipsoid GPS

Data Koordinat GPS hasil pengukuran					
No	Titik	Bujur	Lintang	h (m)	Std dev (m)
1	BM08	112,6928	-7,2640	34,6008	0,0080
2	BM29	112,6347	-7,3128	37,5531	0,3533
3	BM33	112,6340	-7,2611	38,8718	0,0083
4	BITS	112,7941	-7,2820	32,2130	0,0133
5	BSBY	112,7236	-7,2110	32,3274	0,0253
6	BM23	112,6340	-7,2611	48,4719	0,1835
7	WONO	112,7374	-7,2992	36,7140	0,0142
8	LB06	112,7779	-7,2220	31,4833	0,0506
9	BM19	112,8230	-7,3095	31,2748	0,0294
10	PKWN	112,8174	-7,2690	30,9086	0,0126
11	LB03	112,7906	-7,2794	31,5500	0,0126
12	SBY3	112,7759	-7,3403	31,2901	0,0132
13	BM16	112,7712	-7,2678	32,2335	0,0450
14	LB01	112,7570	-7,3269	32,4610	0,0134
15	SBY7	112,7088	-7,3056	35,6562	0,0114
16	SB15	112,6796	-7,2260	30,8779	0,0134
17	BM24	112,6625	-7,2908	55,1715	0,0732
18	LB04	112,7293	-7,3451	34,6440	0,0400
19	BM21	112,6135	-7,2437	36,5886	0,0093

4.2. Hasil Pengolahan Nilai Undulasi

Nilai undulasi terbagi atas 3 macam yaitu gelombang panjang data data model global, gelombang menengah dari data pengukuran lokal dan gelombang pendek dari data tinggi. Pada

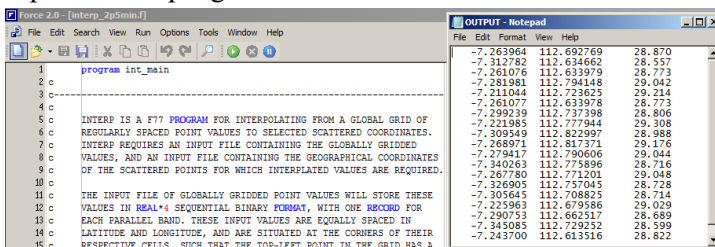
penelitian ini digunakan gelombang panjang dan menengah saja, karena itu yang paling berpengaruh. Gelombang panjang dari data EGM 2008 dan gelombang menengah dari pengukuran gravimeter (Ramdani, 2010).

Pengolahan data EGM 2008 dilakukan menggunakan software force 2.0 (Fortran) untuk ekstraksi data anomali gayabarat menjadi nilai undulasi. Script dan data yang akan diolah sudah disediakan di website EGM 2008 yaitu http://earth-info.nga.mil/GandG/wgs84/gravitymod/egm2008/egm08_wgs84.html.



Gambar 4.3 Tampilan website EGM 2008

Pemilihan model pengolahan bisa dilakukan dengan pengecekan hasil yang di dapat dari running script dengan hasil yang sudah disediakan. Jika hasil cocok maka model pengolahan tersebut yang digunakan. Dalam penelitian ini digunakan model pengolahan interpolation 2.5 x 2.5. Pengolahan dilakukan dengan memasukkan input data koordinat lintang bujur yang sudah didapatkan dari pengolahan data GPS.



Gambar 4.4 Script dan hasil N_{GM}

Gambar 4.5 Contoh hasil perhitungan $N_{\Delta g}$

Adapun hasil nilai undulasi akhir setelah dilakukan penggabungan data $N = N_{GM} + N_{\Delta g}$. Pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.2 yakni:

Tabel 4.2 Data Nilai Undulasi

Data Undulasi di setiap titik penelitian				
No	Titik	N_{GM}	$N_{\Delta g}$	N
1	BM08	28,870	0,0605	28,9305
2	BM29	28,557	0,0962	28,6532
3	BM33	28,773	0,0955	28,8685
4	BITS	29,042	0,0539	29,0959
5	BSBY	29,214	0,0361	29,2140
6	BM23	28,773	0,0603	28,8333
7	WONO	28,806	0,0727	28,8787
8	LB06	29,308	0,0182	29,3262
9	BM19	28,988	0,0642	29,0522
10	PKWN	29,176	0,0435	29,2195
11	LB03	29,044	0,0539	29,0440
12	SBY3	28,716	0,0731	28,7891
13	BM16	29,048	0,0563	29,1043
14	LB01	28,728	0,0809	28,8089
15	SBY7	28,714	0,0809	28,7949
16	SB15	29,029	0,0361	29,0651
17	BM24	28,689	0,0851	28,7741
18	LB04	28,599	0,0856	28,6846
19	BM21	28,823	0,0603	28,8833

4.3. Hasil Penentuan Tinggi Orthometrik

Penentuan tinggi orthometrik dapat dihitung berdasarkan hubungan pendekatan rumus 3.2 sebagai berikut:

$$H_C = H_D + dh_{DC} - dN_{DC}$$

dimana:

- H_C : Tinggi orthometrik yang dicari
- H_D : Tinggi orthometrik yang diketahui
- $dh_{DC} (h_C - h_D)$: beda tinggi ellipsoid
- $dN_{DC} (N_C - N_D)$: selisih nilai undulasi

dengan tinggi orthometrik stasiun Bako diketahui dari pengukuran sipat datar teliti dengan nilai 138,410 m. Untuk beda tinggi ellipsoid antara stasiun Bako dengan titik-titik pengamatan ditentukan dengan metode GPS dengan tinggi ellipsoid stasiun Bako 158,1641 m. Sedangkan undulasi-undulasi geoid di stasiun titik-titik pengamatan dihitung dengan model EGM2008 dan pengukuran gravimeter. Untuk nilai undulasi di stasiun Bako di dapat dari Nobs = $h - H$, yaitu sebesar 19,7541 m.

Data pengukuran GPS yang digunakan adalah data pengukuran bulan Maret 2017. Dengan jumlah titik pengukuran 19 titik selama 6 sampai 24 jam. Pengukuran dilakukan selama 4 hari dengan doy 69 sampai 72. Dalam pengolahan menggunakan GAMIT/GLOBK beda tinggi ellipsoid yang dipakai harus dalam satu doy atau dalam satu baseline pengukuran.

Data undulasi didapat dari perhitungan EGM 2008 dengan menggunakan lintang bujur dari hasil pengukuran GPS dan dari perhitungan fungsi stokes dari pengukuran gravimeter. Terdapat satu contoh perhitungan untuk menjelaskan rumus diatas, yakni:

$$H_C = H_D + dh_{DC} - dN_{DC}$$

- H_C (LB03) : Tinggi orthometrik yang dicari
- H_D (BAKO) : 138,410 m
- $dh_{DC} (h_{lb03} - h_{BAKO})$: -126,1687 m
- $dN_{DC} (N_{lb03} - N_{BAKO})$: 9,3438 m
- $H_{lb03} = 138,410 + (-126,1687) - 9,3438$
 $= 2,8975 \text{ meter}$

Adapun hasil tinggi orthometrik di setiap titik pengamatan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.3 yakni:

Tabel 4.3 Data Tinggi Orthometrik

Hasil Tinggi Orthometrik pada penelitian ini				
No	Baseline	dh	dN	H
1	BM08 - Bako	-123,3240	9,1764	5,9096
2	BM29 - Bako	-120,3717	8,8991	9,1392
3	BM33 - Bako	-119,0529	9,1144	10,2426
4	BITS - Bako	-125,6763	9,3418	3,3919
5	BSBY - Bako	-125,5620	9,4960	3,3520
6	BM23 - Bako	-109,4174	9,0792	19,9134
7	WONO - Bako	-121,1753	9,1246	8,1101
8	LB06 - Bako	-126,2354	9,5721	2,6025
9	BM19 - Bako	-126,4439	9,2981	2,6679
10	PKWN - Bako	-126,8101	9,4654	2,1345
11	LB03 - Bako	-126,1687	9,3438	2,8975
12	SBY3 - Bako	-126,4286	9,0350	2,9464
13	BM16 - Bako	-125,4852	9,3502	3,5746
14	LB01 - Bako	-125,2578	9,0548	4,0974
15	SBY7 - Bako	-122,0625	9,0408	7,3067
16	SB15 - Bako	-126,8409	9,3110	2,2581
17	BM24 - Bako	-102,5472	9,0200	26,8428
18	LB04 - Bako	-123,2447	8,9305	6,2348
19	BM21 - Bako	-121,3001	9,1292	7,9807

4.4. Analisa Data Pengamatan GPS

Dalam pengukuran dan pengolahan GPS terdapat hal yang bisa dianalisa seperti standar deviasi atau ketelitian dalam pengukuran GPS tersebut. Standar deviasi yang di dapat dari 19 titik pengukuran dalam peneitian ini sekitar 8 mm sampai 35 centimeter (cm). Dapat dilihat dari kesalahan – kesalahan dalam pengukuran GPS terdapatnya banyak multipath bisa menyebabkan ketelitian semakin berkurang. Keadaan sekitar titik pengukuran yang tertutup juga bisa menambah kesalahan karena sinyal satelit yang didapat tidak kontinu. Dalam penelitian ini terdapat 2 titik pengukuran yang memiliki standar deviasi lebih dari 10 cm yaitu BM23 dan BM29. Situasi titik pengukuran BM 23 dan BM 29 bisa dilihat pada gambar 4.6 dan 4.7, yakni:



Gambar 4.6 Lokasi BM23



Gambar 4.7 Lokasi BM29

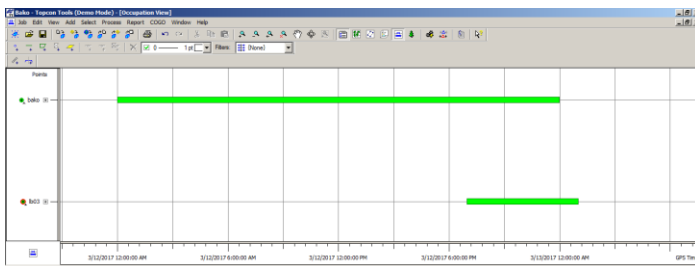
Dilihat dari gambar di atas standar deviasi dari 2 titik pengukuran tersebut dikarenakan lokasi titik berada di area tertutup, dibawah pohon dan di samping tiang listrik yang menyebabkan *multipath*. Contoh titik pengukuran GPS yang bagus adalah titik BM08 dan BM23 dengan standar deviasi 8 mm. Lokasi pengukuran bisa dilihat pada gambar 4.8, yakni:



Gambar 4.8 Lokasi BM08 dan BM23

dapat dilihat lokasi titik BM08 berada diarea terbuka sehingga ketelitian yang didapat lebih bagus.

Dalam pengukuran GPS yang dilakukan secara differensial atau diikatkan dengan stasiun IGS, harus memperhatikan awal proses *record*. Pada stasiun IGS awal perekaman data dimulai sesuai dengan jam dunia atau Greenwich Mean Time (GMT). Jadi jika kita melakukan pengukuran GPS di Surabaya dengan GMT+7 maka awal perekaman dimulai dari pukul 07.00 untuk mendapatkan lama pengamatan maksimal yaitu 24 jam, karena dalam pengolahan GAMIT/GLOBK data GPS diolah per doy. Contoh perbandingan awal perekaman data bisa dilihat pada gambar 4.9, yaitu:



Gambar 4.9 Perbandingan Awal Perekaman

dimana perekaman titik lb03 dimulai pukul 02.00 sampai 08.00, yang menyebabkan proses pengolahan lb03 di kategorikan dalam doy 71.

Ketelitian GPS bisa dipengaruhi juga oleh lama pengamatan. Satelit mengitari bumi selama 12 jam, jadi untuk mendapatkan pengukuran yang teliti minimal dilakukan selama 12 jam. Pada penelitian ini terdapat satu titik pengamatan yang dilakukan selama 6 jam, yaitu LB03. Lokasi titik pengukuran sudah termasuk dalam area terbuka, jadi bisa dikatakan terhindar dari multipath. Tetapi karena lama pengamatan hanya 6 jam ketelitian yang didapat masih berkisar 1,2 cm.

4.5. Analisa Nilai Undulasi

Data nilai undulasi didapat dari perhitungan nilai gayaberat. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi nilai gayaberat di suatu titik seperti lintang, ketinggian dan densitas massa di setiap titik pengukuran. Dalam penelitian ini terdapat hal yang bisa di analisa dari nilai gayaberat yang didapatkan dari pengukuran. Ketinggian titik pengukuran sangat berpengaruh terhadap nilai gayaberat yakni semakin tinggi tempat pengukuran maka semakin rendah nilai gayaberatnya. Seperti contoh di BM24 memiliki ketinggian sekitar 26,8428 m dan titik BITS memiliki ketinggian 3,3919 m, dengan nilai gayaberat BM24 memiliki nilai 978100,776 mgal dan BITS memiliki nilai 978108,1956 mgal. Adapun faktor lain yang mempunyai pengaruh terhadap nilai gayaberat yaitu densitas massa. Pada penelitian ini bisa ditunjukkan pada titik BM19, LB01 dan SBY03. Pada titik tersebut prinsip semakin tinggi titik pengukuran maka nilai gayaberatnya semakin rendah tidak terjadi di karenakan nilai densitas massa yang sangat berbeda. Pada titik tersebut terdapat kandungan air yang menyebabkan densitas massa sangat berbeda dengan yang lain.

Dalam penentuan nilai undulasi bisa dicari dengan 2 cara. Cara pertama menggunakan data undulasi EGM2008 dan undulasi dari pengukuran gravimeter $N = N_{GM} + N_{\Delta g}$. Cara kedua menggunakan data tinggi ellipsoid dikurangi tinggi orthometrik dari pengukuran waterpass $N = h - H$.

4.6. Analisa Nilai Tinggi Orthometrik

Penentuan tinggi orthometrik pada penelitian ini didasari dari pemanfaatan teknologi GPS untuk digunakan untuk mencari tinggi orthometrik, agar penentuan tinggi orthometrik yang dilakukan dengan Waterpass yang memerlukan waktu yang lama dan biaya yang besar bisa digantikan dengan metode dalam penelitian ini.

Untuk mengetahui kesesuaian yang didapat dari 2 metode tersebut, hasil tinggi orthometrik dengan menggunakan metode GPS-Heighting dan gayaberat dibandingkan dengan tinggi orthometrik dari pengukuran Waterpass yang dilakukan oleh Kuswondo pada tahun 2013. Perbandingan hasil nilai tinggi orthometrik bisa dilihat pada table 4.4, yaitu:

Tabel 4.4 Perbandingan hasil tinggi orthometrik dengan metode lain

Perbandingan hasil tinggi orthometrik			
Kuswondo, 2013 (Waterpass)		Hasil dalam penelitian ini	
BM ITS 01 (Bunderan ITS)	2,843 m	BM ITS 01 (Bunderan ITS)	2,897 m

bisa dilihat penentuan tinggi orthometrik dengan menggunakan GPS heighting dan gayaberat memiliki korelasi yang baik dengan metode lain seperti pengukuran waterpass. Selisih berkisar $2,843 - 2,897 = 0,054$ m.

Defleksi vertikal merupakan besar sudut penyimpangan antara garis normal geoid dengan garis normal ellipsoid. Dalam penentuan tinggi orthometrik nilai defleksi vertikal umumnya tidak melebihi $30''$.

Defleksi vertical bisa dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{north-south (meridional)} \quad \xi = \Phi - \phi \quad \dots\dots\dots(4.1)$$

$$\text{east-west (latitudinal)} \quad \eta = (\Lambda - \lambda) \cos \phi \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

Besarnya defleksi vertical

$$\theta = \sqrt{\xi^2 + \eta^2} \quad \dots\dots\dots(4.3)$$

$$\delta = \xi \sin \alpha + \eta \cos \alpha \quad \dots\dots\dots(4.4)$$

dimana :

(ϕ, λ) koordinat geodetik bereferensi pada ellipsoid

(Φ, Λ) koordinat astronomi bereferensi pada geoid

Adapun hasil defleksi vertikal di setiap titik pengamatan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 4.5 yakni:

Tabel 4.5 Nilai Defleksi Vertikal

Defleksi Vertikal					
No	Titik	ξ	Arah	η	Arah
1	BM08	1,762"	Selatan	0,226"	Timur
2	BM29	4,203"	Selatan	0,540"	Timur
3	BM33	3,947"	Selatan	0,507"	Timur
4	BITS	1,586"	Selatan	0,204"	Timur
5	BSBY	0,214"	Selatan	0,028"	Timur
6	BM23	1,812"	Selatan	0,232"	Timur
7	WONO	2,462"	Selatan	0,316"	Timur
8	LB06	0,396"	Utara	0,048"	Timur
9	BM19	2,352"	Selatan	0,303"	Timur
10	PKWN	0,926"	Selatan	0,119"	Timur
11	LB03	1,586"	Selatan	0,204"	Timur
12	SBY3	2,858"	Selatan	0,368"	Timur
13	BM16	1,007"	Selatan	0,129"	Timur
14	LB01	3,168"	Selatan	0,407"	Timur
15	SBY7	2,821"	Selatan	0,362"	Timur
16	SB15	0,410"	Selatan	0,053"	Timur
17	BM24	3,352"	Selatan	0,430"	Timur
18	LB04	3,264"	Selatan	0,420"	Timur
19	BM21	1,812"	Selatan	0,232"	Timur

BAB V

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang didapatkan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari analisa hasil pengolahan data GPS yang diamati pada bulan Maret 2017 dan telah dikoreksikan dengan metode gayaberat, didapatkan nilai tinggi orthometrik pada semua titik yaitu BM ITS +3,3919; BM08 +5,9096; BM16 +3,5746; BM19 +2,6679; BM21 +7,9807; BM23 +19,9134; BM24 +26,8428; BM29 +9,1392; BM33 +10,2426; BSBY + 3,3520; LB01 +4,0974; LB03 + 2,8975; LB04 +6,2348; LB06 +2,6025; PKWN +2,1345; SBY3 +2,9464; SBY7 +7,3067; SBY15 +2,2581; WONO +8,1101 m di atas muka laut rata-rata.
2. Dari 19 titik penelitian tinggi ellipsoid yang didapat berkisar antara 30 - 55 m dan nilai undulasi yang didapat berkisar antara 28 - 29 m.
3. Dari 19 titik penelitian terdapat 2 titik (BM23, BM29) yang mempunyai nilai standar deviasi diatas 10 cm, 3 titik (BM08, BM21, BM33) mempunyai nilai standar deviasi dibawah 1 cm, dan sisanya berkisar antara 1-10 cm.
4. Hasil tinggi orthometrik yang didapat dari peneliti ini tidak berbeda jauh dengan hasil yang didapat dengan metode lain. Dibandingkan dengan pengukuran waterpass Surabaya tahun 2013 selisih hasil yang didapat berkisar 5 cm.

5.2. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:


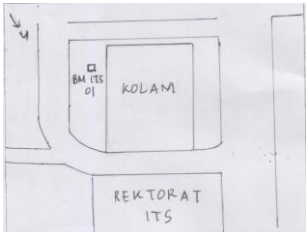

1. Hasil dari penentuan tinggi orthometrik pada penelitian ini diharapkan digunakan sebagai data referensi titik tinggi yang akurat oleh pemerintah maupun pihak terkait untuk keperluan lebih lanjut.
2. Pemakaian titik ikat sebaiknya menggunakan data CORS BIG disekitar daerah pengukuran, supaya pengikatan titik pengukuran ke titik ikat lebih dekat untuk menghasilkan ketelitian yang lebih baik.
3. Penentuan lokasi pengamatan GPS harus berada di daerah terbuka yang terhindar dari multipath.
4. Lama pengamatan GPS sebaiknya dilakukan minimal 12 jam. Harus diperhatikan juga ketersediaan listrik yang disesuaikan terhadap lama pengukuran.
5. Perekaman GPS sebaiknya dimulai pada jam 07.00 jika pengamatan GPS dilakukan selama 24 jam, untuk mendapatkan doy yang sama saat pengikatan pada titik ikat IGS atau CORS BIG yang dilakukan saat pengolahan GAMIT/GLOBK.
6. Pengolahan nilai EGM 2008 sebaiknya menggunakan interpolasi grid 1 x 1 untuk mendapatkan ketelitian yang lebih baik. Dibutuhkan perangkat komputer yang tinggi untuk pengolahan data EGM 2008 dengan grid tersebut.
7. Pengukuran gayaberat relatif sebaiknya dilakukan berdasarkan grid yang sudah dibuat, dan semakin kecil grid yang diukur atau semakin banyak titik pengamatan maka semakin baik nilai gayaberat yang akan didapat.
8. Penentuan lokasi pengamatan gayaberat relatif harus berada dilokasi yang cukup tenang dan terhindar dari keramaian. Pengamatan sebaiknya dilakukan pada malam hari.


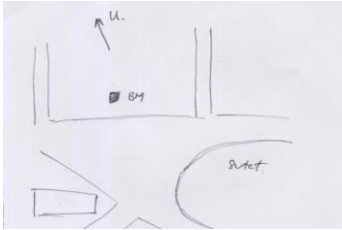
DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, H. Z. 2000. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Abidin, H. Z. 2001. *Geodesi Satelit*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z., Andreas, H., Maulana, D., Hendrasto, M., Gamal, M., Suganda, O.K., 2004. Penentuan Tinggi Ortometrik Gunung Semeru Berdasarkan Data Survey GPS Dan Model Geoid EGM 1996. PROC. ITB Sains & Tek. Vol. 36A, No. 2, 2004, 145-157.
- Anjasmara, I. M. 2005. *Sistem Tinggi. Pendidikan dan Pelatihan (DIKLAT) Teknis Pengukuran dan Pemetaan Kota*. Surabaya.
- Andreas, H. 2013. *Tinjauan Sistem Referensi Geodesi di Beberapa Negara*, Institut Teknologi Bandung.
- Badan Perencanaan Pembangunan. 2013. *Penyusunan Review Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya 2013*.
- Featherstone, W. E. dan Khun, M., 2006. *Height Systems and Vertical Datums: A Review in The Australian Context*.
- Herring, T. A., et al. 2010a. *Introduction to GAMIT/GLOBK*. Massachusetts: Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T. A., et al. 2010b. *GAMIT Reference Manual*. Massachusetts: Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Herring, T. A., et al. 2010c. *GLOBK Reference Manual*. Massachusetts: Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Hofmann, W. B. dan Helmut Moritz., 2006. *Physical Geodesy 2nd Edition*, Austria: Springer Verlag Wien.

- Kahar, J. dan Purworahardjo, U., 2008, Geodesi, Cetakan ke-1, Institute Teknologi Bandung.
- Kuswondo. 2013. Analisa Tinggi Vertikal Sebagai Dasar Pengembangan Fasilitas Vital dan Penanggulangan Banjir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Martin, A., Anquela, A.B., Padin, J. dan Berne, J.L. 2010. "Ability of the EGM2008 high degree geopotential model to calculate a local geoid model in Valencia, Eastern Spain". Study Geophys. Geodesy. 54, 347-366.
- Padama, T.N.M. 2016. Analisa Penentuan Undulasi Geoid dengan Metode Gravimetri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Ramdani, D. 2010. Penggunaan EGM2008, EGM1996 dan GPS-Levelling untuk tinggi undulasi geoid di Sulawesi. Widya Riset, 13(8).
- .

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik BM08
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Satelit Utara VIII		
Desa	Tanjungsari		
Kecamatan	Suko Manunggal		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Di taman perumahan		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geografis		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	686.887,4723 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.196.721,5617 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid 34,6008 ± 0,0080 Meter		Tinggi Orthometrik 5,9096 ± 0,0080 Meter	
Nilai Gayaberat 978106,4517 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum		Foto Patok	

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik BITS
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl Teknik teknologi		
Desa	Keputih		
Kecamatan	Sukolilo		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Depan Halaman Rektorat ITS		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	698.075,7814 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.194.685,7534 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid 32,2130 ± 0,0133 Meter		Tinggi Orthometrik 3,3919 ± 0,0133 Meter	
Nilai Gayaberat 978108,1956 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik BSBY
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl Laksda Moh. Nazir		
Desa	Perak Utara		
Kecamatan	Pabean Cantian		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Taman bundaran Tanjung Perak		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	690.317,4711 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.202.561,3888 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid 32,3274 ± 0,0253 Meter		Tinggi Orthometrik 3,3520 ± 0,0253 Meter	
<p style="text-align: center;"> Nilai Gayaberat - mgal </p>			
DOKUMENTASI TUGU			
<p style="text-align: center;">Sketsa Umum</p> 		<p style="text-align: center;">Foto Patok</p> 	



**STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK
DENGAN METODA GPS HEIGHTING
DI KOTA SURABAYA
TAHUN 2017**

Nomor Titik
BM33

DESKRIPSI TITIK

Letak	Jl Balas Klumprik
Desa	Sumur Welut
Kecamatan	Lakarsantri
Kabupaten/Kota	Surabaya
Provinsi	Jawa Timur
Uraian Lokasi	Sebelah barat jalan Balas Klumprik

NILAI KOORDINAT

Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (φ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	685.336,9688 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.189.599,0384 m

KETERANGAN

Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid 38,8718 ± 0,0083 Meter		Tinggi Orthometrik 10,2426 ± 0,0083 Meter	

Nilai Gayaberat
978101,2021 mgal

DOKUMENTASI TUGU

Sketsa Umum

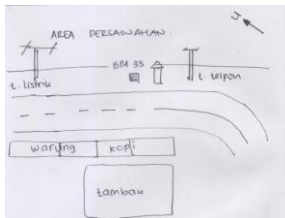


Foto Patok





**STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK
DENGAN METODA GPS HEIGHTING
DI KOTA SURABAYA
TAHUN 2017**

**Nomor Titik
BM29**

DESKRIPSI TITIK

Letak	Jl Randegansari
Desa	Jeruk
Kecamatan	Lakarsantri
Kabupaten/Kota	Surabaya
Provinsi	Jawa Timur
Uraian Lokasi	Sebelah utara jembatan timur jalan Randegansari

NILAI KOORDINAT

Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	680.450,9439 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.191.346,0129 m

KETERANGAN

Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008

Tinggi Ellipsoid
 $37,5531 \pm 0,3533$ Meter

Tinggi Orthometrik
 $9,1392 \pm 0,3533$ Meter

Nilai Gayaberat
978103,8662 mgal




DOKUMENTASI TUGU


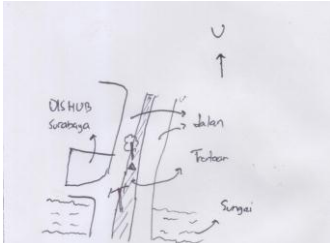

Sketsa Umum



Foto Patok


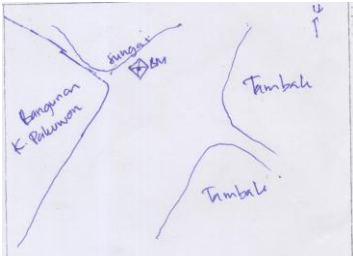



	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik BM23
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Raya Kali Barat		
Desa	Sememi		
Kecamatan	Benowo		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Bawah tiang listrik		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	680.396,3699 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.197.064,6092 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid 48,4719 ± 0,1835 Meter		Tinggi Orthometrik 19,9134 ± 0,1835 Meter	
Nilai Gayaberat 978103,9005 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	


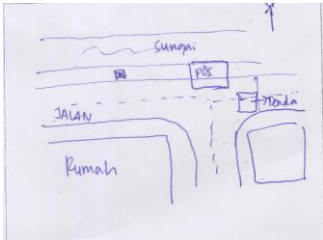

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik WONO
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Wonokromo		
Desa	Sawunggaling		
Kecamatan	Wonokromo		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Sebelah utara jembatan		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	691.801,3181 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.192.801,5389 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid $36,7140 \pm 0,0142$ Meter		Tinggi Orthometrik $8,1101 \pm 0,0142$ Meter	
Nilai Gayaberat $978103,0604$ mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	

	<p align="center">STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017</p>		<p align="center">Nomor Titik LB06</p>
<p align="center">DESKRIPSI TITIK</p>			
Letak	Jl. Nambangan		
Desa	Tanah Kali Kedinding		
Kecamatan	Kenjeran		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Di halaman kantor Polsek Kenjeran		
<p align="center">NILAI KOORDINAT</p>			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	696.312,2937 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.201.328,2344 m
<p align="center">KETERANGAN</p>			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Elipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
<p align="center">Tinggi Elipsoid 31,4833 ± 0,0506 Meter</p>		<p align="center">Tinggi Orthometrik 2,6025 ± 0,0506 Meter</p>	
<p align="center">Nilai Gayaberat 978115,8463 mgal</p>			
<p align="center">DOKUMENTASI TUGU</p>			
<p align="center">Sketsa Umum</p> 		<p align="center">Foto Patok</p> 	


	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik BM19
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Wonorojo Timur		
Desa	Wonorejo		
Kecamatan	Rungkut		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Ujung jalan pertigaan wisata mangrove		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	701.249,4330 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.191.623,8417 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid $31,2748 \pm 0,0294$ Meter		Tinggi Orthometrik $2,6679 \pm 0,0294$ Meter	
Nilai Gayaberat 978097,1128 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	

	<p align="center">STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017</p>		<p align="center">Nomor Titik PKWN</p>
<p align="center">DESKRIPSI TITIK</p>			
Letak	Jl. Kalisari Utara		
Desa	Pakuwon City		
Kecamatan	Mulyorejo		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Area tambak timur Pakuwon City		
<p align="center">NILAI KOORDINAT</p>			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	700.646,2007 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.196.114,4312 m
<p align="center">KETERANGAN</p>			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
<p align="center">Tinggi Ellipsoid 30,9086 \pm 0,0126 Meter</p>		<p align="center">Tinggi Orthometrik 2,1345 \pm 0,0126 Meter</p>	
<p align="center">Nilai Gayaberat 978108,2225 mgal</p>			
<p align="center">DOKUMENTASI TUGU</p>			
<p align="center">Sketsa Umum</p> 		<p align="center">Foto Patok</p> 	

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik LB03
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Raya ITS		
Desa	Keputih		
Kecamatan	Sukolilo		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Bundaran ITS		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	697.685,6621 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.194.970,8989 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Elipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Elipsoid $31,5500 \pm 0,0126$ Meter		Tinggi Orthometrik $2,8975 \pm 0,0126$ Meter	
Nilai Gayaberat - mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	



	<p align="center">STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017</p>		<p align="center">Nomor Titik SBY3</p>
<p align="center">DESKRIPSI TITIK</p>			
Letak	Jl. Rambutan 10		
Desa	Rungkut Menunggal		
Kecamatan	Waru		
Kabupaten/Kota	Sidoarjo		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Selatan Sungai di Perumahan Pondok Rambutan		
<p align="center">NILAI KOORDINAT</p>			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	696.034,5494 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.188.247,6756 m
<p align="center">KETERANGAN</p>			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Elipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
<p align="center">Tinggi Elipsoid 31,2901 ± 0,0132 Meter</p>		<p align="center">Tinggi Orthometrik 2,9464 ± 0,0132 Meter</p>	
<p align="center">Nilai Gayaberat 978093,7370 mgal</p>			
<p align="center">DOKUMENTASI TUGU</p>			
<p align="center">Sketsa Umum</p> 		<p align="center">Foto Patok</p> 	

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik BM16
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Prof. Dr. Mustopo		
Desa	Mojo		
Kecamatan	Gubeng		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Tman tengah jalan Dr. Mustopo		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	695.547,6012 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.196.266,3878 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Elipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Elipsoid $32,2335 \pm 0,0450$ Meter		Tinggi Orthometrik $3,5746 \pm 0,0450$ Meter	
Nilai Gayaberat 978109,0203 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	


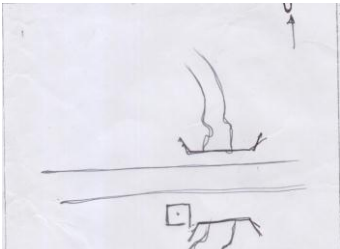

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik LB01
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Rungkut Industri I		
Desa	Kendangsari		
Kecamatan	Tenggilis Mejoyo		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Bundaran tugu BPJS		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	693.958,7799 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.189.733,2895 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid 32,4610 ± 0,0134 Meter		Tinggi Orthometrik 4,0974 ± 0,0134 Meter	
Nilai Gayaberat 978098,2376 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	

	<p align="center">STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017</p>		<p align="center">Nomor Titik SBY7</p>
<p align="center">DESKRIPSI TITIK</p>			
Letak	Jl. Golf 3		
Desa	Gunung Sari		
Kecamatan	Dukuh Pakis		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Halaman Masjid Al Kautsar		
<p align="center">NILAI KOORDINAT</p>			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	688.643,2075 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.192.105,1487 m
<p align="center">KETERANGAN</p>			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Elipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
<p align="center">Tinggi Elipsoid 35,6562 ± 0,0114 Meter</p>		<p align="center">Tinggi Orthometrik 7,3067 ± 0,0114 Meter</p>	
<p align="center">Nilai Gayaberat 978103,9328 mgal</p>			
<p align="center">DOKUMENTASI TUGU</p>			
<p align="center">Sketsa Umum</p> 		<p align="center">Foto Patok</p> 	

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik SBY15
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Raya Greges		
Desa	Greges		
Kecamatan	Asemrowo		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Areal pabrik dan gudang		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	685.447,2396 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.200.929,5668 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid 30,8779 ± 0,0134 Meter		Tinggi Orthometrik 2,2581 ± 0,0134 Meter	
Nilai Gayaberat 978114,6361 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik BM24
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Lontar Lidah Kulon		
Desa	Lontar		
Kecamatan	Sambikerep		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Tepi jalan		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	683.535,7344 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.193.771,2564 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid $55,1715 \pm 0,0732$ Meter		Tinggi Orthometrik $26,8428 \pm 0,0732$ Meter	
Nilai Gayaberat 978100,7760 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik LB04
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Ahmad Yani		
Desa	Dukuh Menanggal		
Kecamatan	Gayungan		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Taman tengah jalan Ahmad Yani		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	690.883,3237 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.187.740,0831 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Ellipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Ellipsoid 34,6440 ± 0,0400 Meter		Tinggi Orthometrik 6,2348 ± 0,0400 Meter	
Nilai Gayaberat 978096,0347 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	

	STUDI PENENTUAN TINGGI ORTHOMETRIK DENGAN METODA GPS HEIGHTING DI KOTA SURABAYA TAHUN 2017		Nomor Titik BM21
DESKRIPSI TITIK			
Letak	Jl. Beji		
Desa	Benowo		
Kecamatan	Pakal		
Kabupaten/Kota	Surabaya		
Provinsi	Jawa Timur		
Uraian Lokasi	Sebelah selatan jalan Beji		
NILAI KOORDINAT			
Koordinat Geodetik		Koordinat UTM (Zona 49S)	
Lintang (ϕ)	07°14'37.1318" S	Easting (X)	678.144,5741 m
Bujur (λ)	112°36'48.6777" E	Northing (Y)	9.199.000,0142 m
KETERANGAN			
Kerangka Referensi	ITRF2008	Acuan Epoch	J2000
Elipsoid Referensi	WGS84	Gayaberat Ref	EGM2008
Tinggi Elipsoid 36,5886 \pm 0,0093 Meter		Tinggi Orthometrik 7,9807 \pm 0,0093 Meter	
Nilai Gayaberat 978109,2383 mgal			
DOKUMENTASI TUGU			
Sketsa Umum 		Foto Patok 	

TUTORIAL INSTAL GMT (Generic Mapping Tools) di Ubuntu

1. Disarankan menggunakan Ubuntu 16.04 LTS versi amd64.
2. Update library untuk syarat install GMT:
 - a. `sudo apt-get update`
 - b. `sudo apt-get install build-essential`
 - c. `sudo apt-get install cmake`
 - d. `sudo apt-get install ghostscript`
 - e. `sudo apt-get install imagemagick`
 - f. `sudo apt-get install libfftw3-dev`
 - g. `sudo apt-get install libgdakk-dev`
 - h. `sudo apt-get install libgdall-dev`
 - i. `sudo apt-get install libgdal1-dev`
 - j. `sudo apt-get install libgdal1-dev`
 - k. `sudo apt-get install libpcre3-dev`
 - l. `sudo apt-get install libnetcdf-dev`
 - m. `sudo apt-get install python-sphinx`
 - n. `sudo apt-get install texlive`
 - o. `sudo apt-get install texlive-latex-extra`
3. Setelah update library kemudian buat folder untuk proses instalasi. (disarankan di home)
 - `mkdir GMT`
4. Kemudian masuk ke folder tersebut.
 - `cd GMT`
5. Download source gmt5. Terlebih dahulu pasang svn atau subversion untuk mendownload.
 - `sudo apt-get install subversion`

6. Setelah di install subversion maka silahkan menjalankan perintah dibawah ini untuk download source gmt5.

- svn checkout
svn://gmtserver.soest.hawaii.edu/gmt5/trunk gmt5-dev

```
yoze@yoze-Aspire-4752: ~  
yoze@yoze-Aspire-4752:~$ svn checkout svn://gmtserver.soest.hawaii.edu/gmt5/trunk gmt5-dev
```

7. Sambil menunggu anda bias mendownload program lain yang dibutuhkan untuk instalasi GMT di

<http://gmt.soest.hawaii.edu/projects/gmt/wiki/Download>

- a. gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz
- b. dcw-gmt-1.1.1.tar.gz

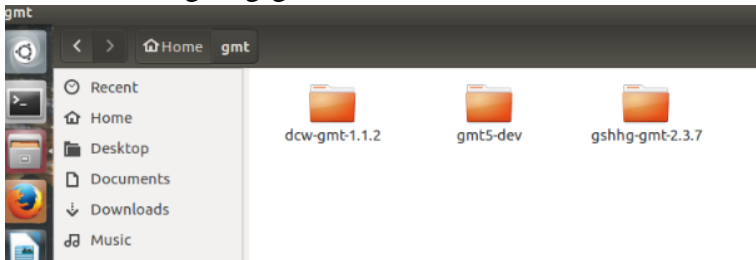
GMT release Files ¶

File	Date	Size	D/L
dcw-gmt-1.1.2.tar.gz	2015-09-02 02:35:24 UTC	20.1 MB	14040
gmt-5.4.2-darwin-x86_64.dmg	2017-06-26 20:18:48 UTC	203 MB	329
gmt-5.4.2-src.tar.gz	2017-06-26 20:18:49 UTC	112 MB	486
gmt-5.4.2-src.tar.xz	2017-06-26 20:18:49 UTC	100 MB	77
gmt-5.4.2-win32.exe	2017-06-26 20:18:49 UTC	152 MB	313
gmt-5.4.2-win64.exe	2017-06-26 20:18:50 UTC	156 MB	1376
gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz	2017-06-15 20:41:58 UTC	54.4 MB	639

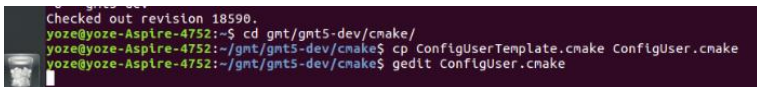
8. Setelah program terdownload, ekstrak kedua program tersebut pada folder GMT. Setelah di ekstrak maka terdapat 3 folder pada folder GMT, proses instalasi siap dilakukan.

- a. dcw-gmt-1.1.2
- b. gmt5-dev

c. gshhg-gmt-2.3.7



9. Sekarang masuk ke folder gmt5-dev lalu masuk lagi ke folder cmake lalu copy ConfigUserTemplate.cmake menjadi ConfigUser.cmake, caranya yaitu:
 - `cd gmt5-dev/cmake`
 - `cp ConfigUserTemplate.cmake ConfigUser.cmake`
10. Buka dan edit file ConfigUser.cmake dengan
 - `gedit ConfigUser.cmake`



11. Setelah terbuka lakukan editing pada ConfigUser.cmake dengan cara ganti isi seperti dibawah ini:

- `#set (GSHHG_ROOT "gshhg_path")` menjadi
- **`set (GSHHG_ROOT "/home/NAMAKOMPUTER/gmt/gshhg-gmt-2.3.7")`**
- `#set (DCW_ROOT "dcw-gmt_path")` menjadi

- **set (DCW_ROOT**
"/home/NAMAKOMPUTER/gmt/dcw-
gmt-1.1.1")
- **set (FLOCK TRUE)**

Catatan: isikan NAMAKOMPUTER sesuai nama user anda.

```
##
## Section 2: Build dependencies (should only be needed if CMake
## automatically detect the rights version or path.)
##
# Set path to GSHHG Shoreline Database [auto]:
set (GSHHG_ROOT "/home/yoze/gmt/gshhg-gmt-2.3.7")

# Copy GSHHG files to $/coast [FALSE]:
#set (COPY_GSHHG TRUE)

# Set path to DCW Digital Chart of the World for GMT [auto]:
set (DCW_ROOT "/home/yoze/gmt/dcw-gmt-1.1.2")
set (FLOCK TRUE)

# Copy DCW files to $/dcw [FALSE]:
#set (COPY_DCW TRUE)

# Set location of NetCDF (can be root directory, path to header
# to nc-config) [auto]:
#set (NETCDF_ROOT "netcdf_install_prefix")
```

12. Sekarang anda berada di folder gmt5-dev/cmake, maka keluar folder cmake lalu buat folder build. Kemudian masuk folder build.

- cd ..
- mkdir build
- cd build

```
yoze@yoze-Aspire-4752:~/gmt/gmt5-dev/cmake$ cd ..
yoze@yoze-Aspire-4752:~/gmt/gmt5-dev$ mkdir build
yoze@yoze-Aspire-4752:~/gmt/gmt5-dev$ cd build
yoze@yoze-Aspire-4752:~/gmt/gmt5-dev/build$ sudo su
[sudo] password for yoze:
```

13. Setelah masuk folder build, maka anda harus mempunyai hak akses Super User (sudo su) untuk melakukan instalasi.

- `sudo su`
- `cmake ..`
- `make`
- `make Install`

```
-- Configuring done
-- Generating done
-- Build files have been written to: /home/yoze/gmt/gmt5-dev/build
root@yoze-Aspire-4752:/home/yoze/gmt/gmt5-dev/build# make
Scanning dependencies of target gen_gmt_headers
[ 3%] Generating gmt_colornames.h, gmt_color_rgb.h
[ 3%] Generating gmt_datums.h
[ 3%] Generating gmt_ellipsoids.h
[ 3%] Generating gmt_keycases.h, gmt_keywords.h
[ 3%] Generating gmtmath.h, gmtmath_op.h, gmtmath_explain.h
[ 3%] Generating grdmath.h, grdmath_op.h, grdmath_explain.h
[ 3%] Generating gmt_dimensions.h
[ 3%] Built target gen_gmt_headers
Scanning dependencies of target pslib
[ 3%] Building C object src/CMakeFiles/pslib.dir/postscriptlight.c.o
[ 6%] Linking C shared library libpostscriptlight.so
[10%] Built target pslib
Scanning dependencies of target gmtlib
[10%] Building C object src/CMakeFiles/gmtlib.dir/common_sighandler.c.o
[10%] Building C object src/CMakeFiles/gmtlib.dir/clear.c.o
[10%] Building C object src/CMakeFiles/gmtlib.dir/begin.c.o
[10%] Building C object src/CMakeFiles/gmtlib.dir/end.c.o
[10%] Building C object src/CMakeFiles/gmtlib.dir/figure.c.o
[13%] Building C object src/CMakeFiles/gmtlib.dir/subplot.c.o
[13%] Building C object src/CMakeFiles/gmtlib.dir/revert.c.o
```

14. Setelah di install dan tidak error kemungkinan gmt5 sudah berhasil di install.

15. TERIMA KASIH

[illegible]

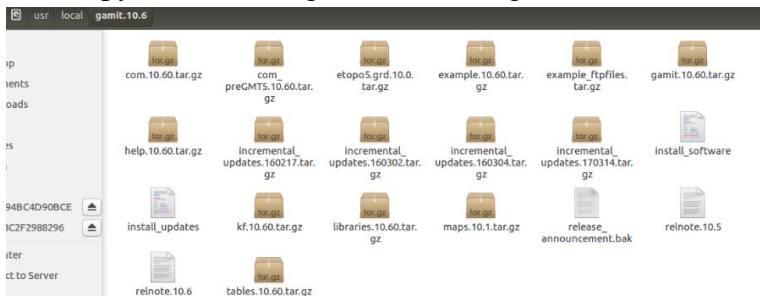
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

TUTORIAL INSTAL GAMIT/GLOBK

10.6 di Ubuntu

1. Disarankan menggunakan Ubuntu 16.04 LTS dan harus versi amd64.
2. Sudah menginstall GMT.
3. Update library untuk syarat install GAMIT/GLOBK:
 - a. `sudo apt-get update`
 - b. `sudo apt-get upgrade`
 - c. `sudo apt-get install csh`
 - d. `sudo apt-get install tcsh`
 - e. `sudo apt-get install gcc`
 - f. `sudo apt-get install gfortran`
 - g. `sudo apt-get install libx11-dev`
 - h. `sudo apt-get install gcc-multilib`
 - i. `sudo apt-get install gfortran-multilib`
 - j. `sudo apt-get install netcdf-bin`
 - k. `sudo apt-get install gmt`
 - l. `sudo apt-get install gksu`
4. Kemudian anda harus mempunyai hak akses Super User (`sudo su`) untuk melakukan instalasi.
 - `sudo su`
5. Buat folder `gamit.10.6` pada `/usr/local`.
 - `cd /usr/local`
 - `mkdir gamit.10.6`

6. Copy file instalasi gamit ke folder gamit.10.6, file

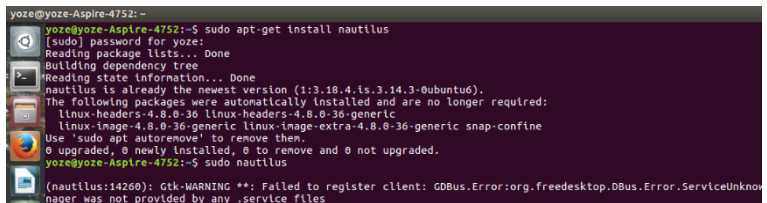


source terdiri dari:

- com.10.50.tar.gz
- etopo5.grd.10.0.tar.gz
- gamit.10.50.tar.gz
- help.10.50.tar.gz
- install_software
- install_update kf.10.50.tar.gz
- libraries.10.50.tar.gz
- maps.10.1.tar.gz
- relnote.10.5
- tables.10.50.tar.gz
- incremental_updates.131220.tar.gz

catatan Copy bisa menggunakan nautilus. Install nautilus dengan cara:

- sudo apt-get install nautilus



7. Selanjutnya buat file `install_software` pada `usr/local/gamit.10.6` menjadi executable file dengan cara:
 - `chmod +x ./install_software`
8. Lakukan run perintah install software sebagai berikut:
 - `./install_software -c gftn`
9. Tunggu prosesnya, dan konfirmasi “YA”.

```
The compressed tarfiles will be removed after extraction of the
directories, but except for that, the script may be stopped and
rerun safely from any point. Tarfiles to be uncompressed:

    com.10.60.tar.gz com_preGMT5.10.60.tar.gz etopo5.grd.10.0.tar.gz example.10.60.tar.gz e
tar.gz kf.10.60.tar.gz libraries.10.60.tar.gz maps.10.1.tar.gz tables.10.60.tar.gz

Continue ? (y/n)

```

```
tables/luntab.1998.J2000
tables/utl.iers
tables/luntab.1991.J2000
tables/soltab.1997.J2000
tables/map.grid.2002
tables/soltab.1989.J2000
tables/nutabl.2012
tables/map.grid.2011

Do you want to apply incremental updates: incremental_updates.160217.tar.gz incremental_updates
incremental_updates.170314.tar.gz
Continue ? (y/n)
y

```

10. Pada saat melakukan compiler option `gftn` konfirmasi “NO” untuk melakukan editing `makefile.config`.

```
=====
Using compiler option: gftn
=====

Have you checked that the compiler flag options in the assignment block
of the ./libraries/Makefile.config for your particular hardware/OS type
are correctly set for your compiler?

If NOT stop now, and make the compiler flag options assignment block for your
particular hardware/OS type in ./libraries/Makefile.config, the same as the
compiler flag options assignment block for Linux. (Only the 4 lines defining
compilers and compiler flags need to be modified).

Continue ? (y/n)
n

```

11. Kemudian lakukan editing pada Makefile.config untuk mendefinisikan library path dari X11 dan OS_ID nya dalam folder /usr/local/gamit.10.5/libraries, caranya sebagai berikut:

- gksu gedit libraries/Makefile.config

12. Edit bagian “common” sesuai petunjuk berikut ini:

```
# ----- common ----- #
# X11 library location – uncomment the
# appropriate one for your system
# Generic (will work on any system if links in
# place)
X11LIBPATH /usr/lib/X11 <----- kolom 1
di baris ini ketik #
X11INCPATH /usr/include/X11 <----- kolom
1 di baris ini ketik #
# Specific for Sun with OpenWindows
#X11LIBPATH /usr/openwin/lib
#X11INCPATH /usr/openwin/share/include/X11
# Specific for PC Solaris 10
#X11LIBPATH /usr/openwin/lib
#X11INCPATH /usr/openwin/share/include/X11
# Specific for Linux RedHat 7,8 and 9, RH-FC1 -
> 3
#X11LIBPATH /usr/X11R6/lib
#X11INCPATH /usr/X11R6/include/X11
# Specific to FC5
#X11LIBPATH /usr/lib <----- tanda # di
kolom 1 dihapus
#X11INCPATH /usr/include/X11 <----- tanda
# di kolom 1 dihapus
```

```
# Specific for MIT HP and Sun for Release 5
#X11LIBPATH /usr/lib/X11R5
#X11INCPATH /usr/include/X11R5
13. Ganti OS_ID Linux sesuai versi pada computer
dan save
# — for Linux from 0.0.1 to 3.0.0 ---
# OS_ID Linux 0001 4805 <----- bagian
yang diganti
# ASSIGMENTS
```

```
*****
Make sure the common libraries are current
*****

Running unmake to create Makefile for conlib
System name: Linux yoze-Aspire-4752 4.8.0-58-generic #63-16.04.1-Ubuntu SMP Mon Jun 26 18:08:51 UTC 2017 x86_64 x86_64 GNU/Linux
System release number translated to 4805
OSID Linux 4805 not found in Makefile.config - remove Makefile and STOP
Failure in make_gamit -- Install software terminated
root@yoze-Aspire-4752:/usr/local/gamit.10.6#
```

14. Save makefile.config kemudian lakukan run ulang perintah install software:

- ./install_software -c gftn

15. Tunggu prosesnya, dan konfirmasi “YA” semua, jika proses tidak terdapat error, maka proses instalasi berhasil.

16. Kemudian lakukan setting path pada setiap folder di /home/user

- gksu gedit .bashrc

17. kemudian isikan path setting berikut ini:

```
*****
GLOBK Installed
*****

Create the gg link in your home directory to the version of
gamit/globk you just installed ? (y/n)
y
Making required ~/gg link to newly installed software
ln -s -f /usr/local/gamit.10.6 ~/gg

Don't forget to set your : path to include /usr/local/gamit.10.6/gamit/bin and /usr/local/gamit.10.6/kf/bin
: HELP_DIR environment variable in you shell profile
(in .cshrc/.tcshrc add: setenv HELP_DIR /usr/local/gamit.10.6/help/)
: INSTITUTE environment variable in your shell profile
(in your .cshrc/.tcshrc add: setenv INSTITUTE where_i_work)
where_i_work is a 3 character identifier for your solutions
root@yoze-Aspire-4752:/usr/local/gamit.10.6#
```

- export PATH=\$PATH:/usr/local/gamit.10.6/gamit/bin
- export PATH=\$PATH:/usr/local/gamit.10.6/kf/bin
- export PATH=\$PATH:/usr/local/gamit.10.6/com
- export HELP_DIR=/usr/local/gamit.10.6/help/
- export INSTITUTE=ITS

18. Kemudian buat link dengan perintah:

- ln -s -f /usr/local/gamit.10.6 ~/gg

19. Proses selesai. TERIMA KASIH

```

yoz@yoz-aspire-4752:~$ sh_gamit
=====
sh_gamit is a script to automate GAMIT processing

- sets up a directory structure for GAMIT
- gets tables and data from various archives around the world
- converts raw to RINEX if necessary
- runs GAMIT and saves phase sky-plots to check daily quality

To run for a particular experiment, create a /tables directory within
your experiment directory, copy into /tables the following files from
ex/templates and modify them appropriately:
  process.defaults  sites.defaults
  sesstbl           station.info
  autcn.cmd         station.info
Check other files in the templates directory. Edit them to suit the type
of analysts you are running, and the options you like.

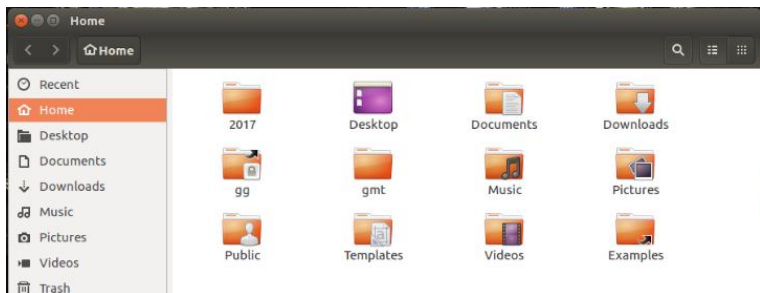
Script to automate GAMIT processing
Usage: sh_gamit -options-

Where the following are some of the options available:

-dir          Experiment directory or root directory for experiment processing.
              This must be an absolute path. [Default pwd]
-d yr days    where yr and days are the data to be processed e.g. 1997 153 156 178
-s yr d1 d2   where d1 is start day and d2 is stop day to be processed e.g. 1997 153 178
-r day        where day is number of days before current date.
-gnss         GNSS ( G R C E J ) default G
-expt         4 char name of experiment/s to run. (list of expts can be used). [Default expt]
-orbit        Optional second argument gives the day-of-year for the orbit (if not the same as processing day)
              4 char 10 for p-files. Specify to use a non-conventional, locally generated g-file [Default is lowercase of downloaded orbit typ
e]
-eops         Name of EOP series to use. (bull_b, bull_a, etc.) [Default usno]
-localeop     Use a local copy of EOP tables (series used is defined by -eops).
              No ftp update will be attempted. [Default off]
-remake x y/c/n Y - remake x-files without checking.
               C - Remake x-file if orbit and session.info are incompatible and all RINEX available [Default C]
               N - don't remake x-files under any circumstances
-remake y/c/n Y - Remove existing k-files and remake
  
```

Langkah – langkah Pengolahan Data GPS Menggunakan GAMIT/GLOBK

1. Dalam tutorial ini penulis menggunakan data pengukuran kota Surabaya tahun 2017, yang digunakan untuk penentuan tinggi orthometric kota Surabaya.
2. Hal pertama yang dilakukan adalah pembuatan direktori kerja, sebaiknya di home dan 4 huruf/angka saja. Bisa diberi nama tahun pengukuran. Contoh dalam tutorial ini nama foldernya **2017**.



3. Dalam folder 2017 buat folder lagi untuk tempat penyimpanan data yang akan di olah yaitu **brdc**, **igs**, dan **rinex**. Data bisa didownload di terminal atau langsung download di web.



- a. brdc: file broadcast ephemeris, bisa didownload dengan cara:

**sh_get_nav -archive <cddis/sopac> -yr <yyyy> -doy
<ddd> -ndays <num> -allnav**

**sh_get_nav -archive cddis -yr 2017 -doy 069 -ndays
4 -allnav**

file diunduh dari cddis dengan tahun 2017 doy
69, 70, 71, 72.

```
yoze@yoze-Aspire-4752: ~/2017/brdc
yoze@yoze-Aspire-4752:~$ cd 2017/brdc/
yoze@yoze-Aspire-4752:~/2017/brdc$ sh_get_nav -archive cddis -yr 2017 -doy 069 -
ndays 4 -allnav
Information extracted from ftp_info
#####
ftp site ftp.cddis.eosdis.nasa.gov
ftp login anonymous yoze@yoze
ftp dir /pub/gps/data/daily/YYYY/brdc
ftp cmd ftp -invp ftp.cddis.eosdis.nasa.gov
wget site ftp://www.nasa.gov
wget login anonymous yoze@yoze
#####
Getting BRDC files for 2017 069 for 4 days from ftp.cddis.eosdis.nasa.gov
```

b. igs

**sh_get_orbits -archive <cddis/sopac> -yr <yyyy> -
doy <ddd> -ndays <num> -makeg no**

**sh_get_orbits -archive cddis -yr 2017 -doy 069 -ndays
4 -makeg no**

file diunduh dari cddis dengan tahun 2017 doy
69, 70, 71, 72.

```
yoze@yoze-Aspire-4752: ~/2017/lgs
yoze@yoze-Aspire-4752:~$ cd 2017/lgs/
yoze@yoze-Aspire-4752:~/2017/lgs$ sh_get_orbits -archive cddis -yr 2017 -doy 069
-ndays 4 -makeg no
ftp_info = sh_get ftp_info -archive cddis -type sp3
Information extracted from ftp_info
#####
ftp site ftp.cddis.eosdis.nasa.gov
ftp login anonymous yoze@yoze
ftp dir /pub/gps/products/GPSW
ftp cmd ftp -invp ftp.cddis.eosdis.nasa.gov
wget site ftp://www.nasa.gov
wget login anonymous yoze@yoze
#####
Getting requested orbit files
```

c. rinex

```
sh_get_rinex -archive <sopac/cddis/unavco> -yr
<yyyy> -doy <ddd> -ndays <num> -sites
<4_characters_igs_sites_to_be_downloaded>
sh_get_rinex cddis -yr 2017 -doy 069 -ndays 4 -sites
BAKO JOG2 XMIS KAT1 DARW
```

```
yoze@yoze-Aspire-4752: ~/2017/rinex
yoze@yoze-Aspire-4752:~$ cd 2017/rinex/
yoze@yoze-Aspire-4752:~/2017/rinex$ sh_get_rinex cddis -yr 2017 -doy 069 -ndays
4 -sites BAKO JOG2 XMIS KAT1 DARW
Information extracted from ftp_info
#####
ftpsite garner.ucsd.edu
ftplogin anonymous yoze@yoze
ftppdir /pub/rinex/YYYY/DDD
ftpcnd ftp -invp garner.ucsd.edu
wgetsite ftp://garner.ucsd.edu
wlogin anonymous yoze@yoze
#####
directory = /pub/rinex/2017/069
Try 1: Getting rinex data for day 069 from sopac archive, garner.ucsd.edu
Attempting to download sites: BAKO DARW JOG2 KAT1 XMIS
ftp -invp garner.ucsd.edu
```

4. kemudian lakukan penyalinan file - file pendukung untuk pengolahan GAMIT, perintah dilakukan secara otomatis. Perintah dilakukan di folder project (2017), ketiklah perintah **sh_setup -yr <yyyy>** dan berikut ini merupakan contoh perintahnya **sh_setup -yr 2017**.

```
yoze@yoze-Aspire-4752: ~/2017
yoze@yoze-Aspire-4752:~$ cd 2017/
yoze@yoze-Aspire-4752:~/2017$ sh_setup -yr 2017
EXECUTING sh_setup
~/2017/tables ~/2017
localeop: no
ls: cannot access 'ut1.': No such file or directory
ls: cannot access 'pole.': No such file or directory
Checking links: sh_links.tables -frame J2000 -year 2017 -eop usno -topt none
Copied ~/gg/tables/station.info ./station.info
Copied ~/gg/tables/sectbl. ./sittbl.
Copied ~/gg/tables/sittbl. ./sittbl.
Copied ~/gg/tables/autcln.cmd .
Using .apr format lfile.
Copied ~/gg/tables/lfile.apr ./lfile.
Copied ~/gg/tables/ttrf08_comb.apr .
Copied ~/gg/tables/process.defaults .
Copied ~/gg/tables/sites.defaults .
yoze@yoze-Aspire-4752:~/2017$
```

5. Perhatikan pada tampilan layar, maka sekarang akan terdapat 4 folder yaitu BRDC, IGS, RINEX, TABLES. Tables disini digunakan untuk mengatur pengolahan data terdapat beberapa file yang perlu diatur, diantaranya:

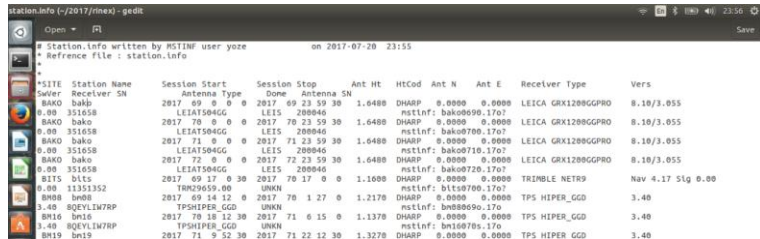


- a. **Station.info**, berisi informasi stasiun yang digunakan mulai dari tinggi antenna, model antenna, dll.
 - b. **L-file**, yang berisi koordinat stasiun pengamatan dan titik ikat yang digunakan. Koordinat yang digunakan adalah geosentrik.
 - c. **Process defaults**, berisi kerangka referensi yang digunakan.
 - d. **Sites.defaults**, berisi sesi dari data yang akan diolah.
 - e. **Sestbl** memuat kontrol tabel mengenai karakteristik proses.
 - f. **Sittbl** digunakan untuk memberikan konstrain pada stasiun pengamatan.
6. Editing **Station.info**. Editing bisa dilakukan dengan cara copy file **Station.info** dari tables ke folder rinex. Kemudian edit dengan hapus semua isi kecuali headernya, kemudian save.



7.

8. Di terminal masuk ke rinex dan lakukan perintah **sh_upd_stnfo -files *.17o** maka “station.info” akan terupdate secara otomatis, coba cek apakah sudah sesuai dengan format pada header.

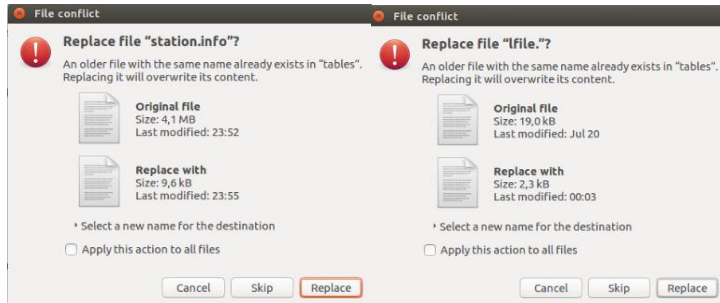


*SITE	Station Name	Swier	Receiver	SN	Session Start	Session Stop	Antenna Type	Done	Antenna SN	Ant HT	HtCod	Ant N	Ant E	Receiver Type	Vers
BAKO	bako	0.00	351058	0.00	2017 09 08 00 00	2017 09 23 59 30	LEIATS04GG	LEIS	200040	1.6400	DHARP	0.0000	0.0000	LEICA GRX1200GGPRO	8.10/3.055
BAKO	bako	0.00	351058	0.00	2017 70 00 00 00	2017 70 23 59 30	LEIATS04GG	LEIS	200040	1.6400	DHARP	0.0000	0.0000	LEICA GRX1200GGPRO	8.10/3.055
BAKO	bako	0.00	351058	0.00	2017 71 00 00 00	2017 71 23 59 30	LEIATS04GG	LEIS	200040	1.6400	DHARP	0.0000	0.0000	LEICA GRX1200GGPRO	8.10/3.055
BAKO	bako	0.00	351058	0.00	2017 72 00 00 00	2017 72 23 59 30	LEIATS04GG	LEIS	200040	1.6400	DHARP	0.0000	0.0000	LEICA GRX1200GGPRO	8.10/3.055
BAKO	bako	0.00	351058	0.00	2017 09 17 00 00	2017 09 17 00 00	TRIMBLE NETR9	UNKN	UNKN	1.1000	DHARP	0.0000	0.0000	TRIMBLE NETR9	Nav 4.17 Stg 0.00
BAKO	bako	0.00	351058	0.00	2017 09 14 12 00	2017 09 14 12 00	TPSHIPER_GGD	UNKN	UNKN	1.1370	DHARP	0.0000	0.0000	TPS HIPER_GGD	3.40
BAKO	bako	0.00	351058	0.00	2017 09 14 12 00	2017 09 14 12 00	TPSHIPER_GGD	UNKN	UNKN	1.1370	DHARP	0.0000	0.0000	TPS HIPER_GGD	3.40
BAKO	bako	0.00	351058	0.00	2017 09 14 12 00	2017 09 14 12 00	TPSHIPER_GGD	UNKN	UNKN	1.1370	DHARP	0.0000	0.0000	TPS HIPER_GGD	3.40

9. Berikutnya tentang **L-file**, pada terminal masuklah ke dalam folder rinex masukkan perintah **grep POSITION *.17o>lfile.rnx** dimana GAMIT secara otomatis akan mengestimasi koordinat dari o-file ke lfile.rnx. Cek apakah nilai koordinat file lfile.rnx dengan station.file sudah sama. Kemudian ketikkan perintah **rx2apr lfile.rnx 2017 069 072** untuk merubah format rnx-file ke lfile.rnx.apr. Terakhir ketik perintah **gapr_to_l lfile.rnx.apr lfile. 2017 069 072** Jika perintah terakhir sudah dimasukkan maka akan dihasilkan L-file. Cek apakah jumlah titik yang diolah sudah sama.

```
JM 4
STATUS :170720:2355:35.0 MSTINF/htoglb/mstinf: Output file station.info.new
has 39 entries
Updating station.info
oze@yoye-Aspire-4752:~/2017/rinex$ grep POSITION *.17o>lfile.rnx
oze@yoye-Aspire-4752:~/2017/rinex$ rx2apr lfile.rnx 2017 069 072
Normal end after reading 40 records
Created file lfile.rnx.apr
oze@yoye-Aspire-4752:~/2017/rinex$
```

10. Setelah selesai maka copy file **station.info** dan **L-file** dari rinex folder ke dalam tables, replace file yang ada.



11. Editing **Process defaults**. Editing dilakukan dengan mengganti letak folder data yang dipakai, waktu pengamatan, sampling rate, file itrfr yang dipakai, dan set file brdc.

12. Editing **sites.defaults**. Editing dilakukan dengan mengisi sesi dari data yang akan diolah. Penulisan nama stasiun pada file ini adalah sebagai berikut:

<ssss_gps> <expt> <opt_1> <opt_2>

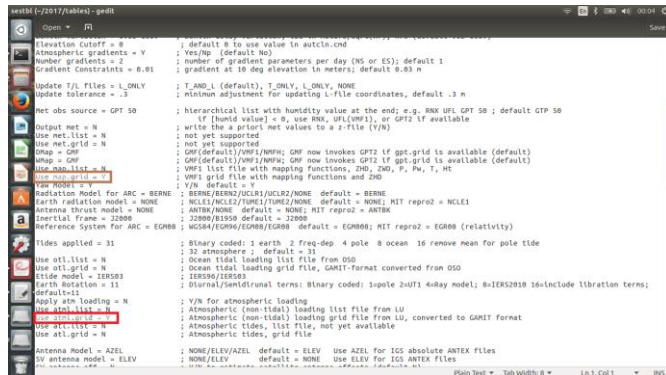
ssss_gps = 4 karakter nama stasiun yang diolah

expt = 4 karakter nama project

opt_1, opt_2 = opsi pengambilan data, bisa: ftrprnx, ftrprw, xstinfo, xsite, dan localrx.



13. Editing **sestbl**. Editing dilakukan untuk setting pengolahan yang akan dilakukan. Contoh pengolahan dengan metode baseline. Choice of experiment = BASELINE karena pengolahan tidak memerlukan estimasi parameter orbit, cut of elevation = 10, use atml.grid = Y dan use otl.grid = Y.



14. Editing **sittbl**. Editing dilakukan untuk mengisi dan memasukkan konstrain stasiun ikat dan pengamat yang digunakan. Berikan constraint/bobot stasiun IGS dan stasiun pengamat. Berikan constraint mendekati nol untuk IGS, sehingga bobotnya besar (asumsi stasiun stabil), dan berikan constraint besar (mendekati 100) untuk stasiun pengamat, sehingga bobotnya kecil (asumsi stasiun tidak stabil)

```

siltbl. (~/.2017/tables) - gedit
Open
SITE          FIX          --COORD. CONSTR.--
ALL           << default for regional sites >>
              NNN          100.  100.  100.
              << Igb08 core sites >>
BAKO          NNN          99    99    99
JOG2          NNN          99    99    99
KAT1          NNN          99    99    99
DARW          NNN          99    99    99
XMIS          NNN          99    99    99
ALTC          NNN          0.050 0.050 0.050
ARTU          NNN          0.050 0.050 0.050
ASC1          NNN          0.050 0.050 0.050
ASPA          NNN          0.050 0.050 0.050
AUCK          NNN          0.050 0.050 0.050

```

15. Cek semua kelengkapan apabila sudah dirasa lengkap
ketikkan perintah di folder project

```
sh_gamit -s yyyy d1 dn -expt <expt>
```

```
sh_gamit -s 2017 069 072 -expt 2017
```

Dimana:

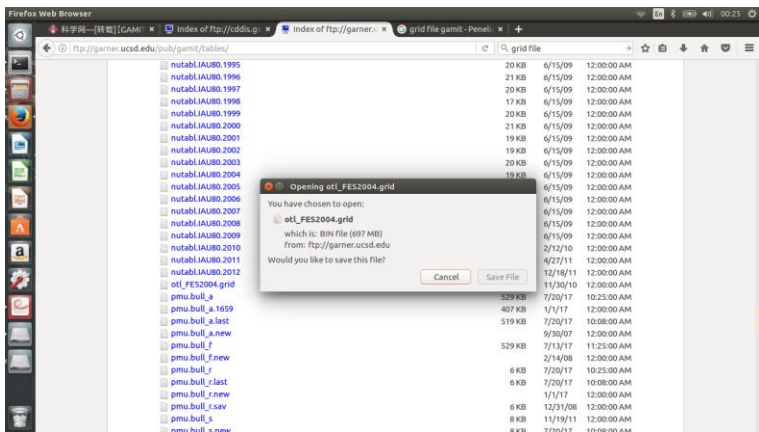
yyyy : 4 karakter tahun pengamatan

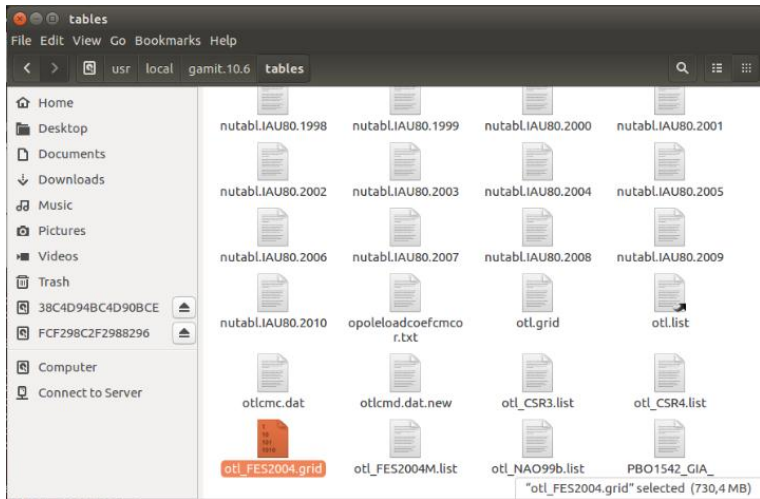
d1 : DOY 1

dn : DOY akhir

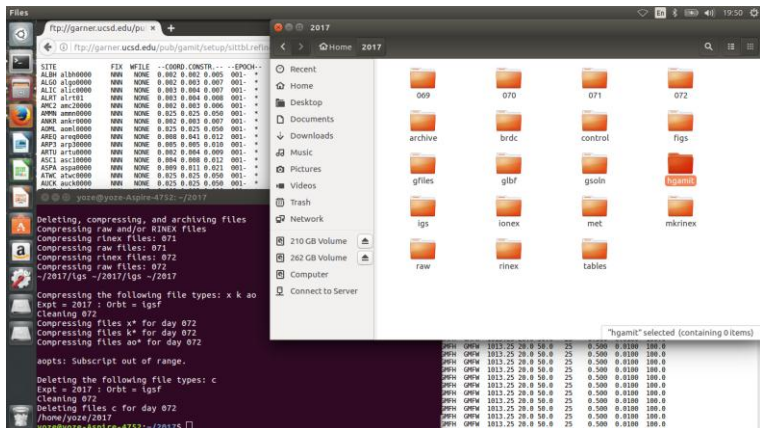
expt : nama eksperimen atau nama
project yang telah ditentukan.

16. Dalam pengolahan GAMIT sering terjadi error saat proses running. Hal yang harus diperhatikan adalah updating table. Contohnya (pole., ut1., leap.sec, luntab., nutab., soltab., svnav.dat, svb_exclude.dat) dan khususnya untuk file ocean-tide-loading (otl.grid), atmospheric loading (atml.grid), dan pemodelan cuaca (map.grid) harus di update. Cara updating harus menggunakan akses root, kemudian ganti isi lalu save. Bisa menggunakan nautilus untuk copy file di folder root.





17. Setelah pengolahan GAMIT selesai selanjutnya dilakukan pengolahan di GLOBK. Pertama siapkan folder hgamit pada folder project dan copykan hasil h file dari GAMIT ke folder hgamit.



18. Ubah format h file ke biner. Keluaran dalam bentuk biner akan berformat *.glx (solusi bias-fixed) dan *.glr (solusi bias-free). Data biner format *.glx lah yang dipakai untuk pengolahan GLOBK.

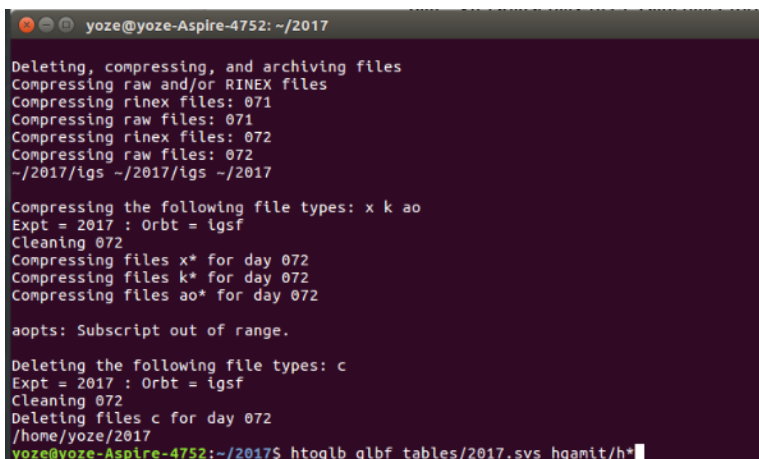
htoglb glbf tables/2017.svs hgamt/h*

htoglb <direktori output> <ephemeris file> <input files>

<direktori output> = direktori penyimpanan output hasil konversi modul HTOGLB

<ephemeris file> = nama ephemeris file yang akan dihasilkan oleh modul HTOGLB

<input files> = lokasi data H-FILES pengamatan dan H-FILES GLOBAL yang dipakai.



```
yoze@yoze-Aspire-4752: ~/2017
Deleting, compressing, and archiving files
Compressing raw and/or RINEX files
Compressing rinex files: 071
Compressing raw files: 071
Compressing rinex files: 072
Compressing raw files: 072
~/2017/igs ~/2017/igs ~/2017

Compressing the following file types: x k ao
Expt = 2017 : Orbt = igsf
Cleaning 072
Compressing files x* for day 072
Compressing files k* for day 072
Compressing files ao* for day 072

aopts: Subscript out of range.

Deleting the following file types: c
Expt = 2017 : Orbt = igsf
Cleaning 072
Deleting files c for day 072
/home/yoze/2017
yoze@yoze-Aspire-4752:~/2017$ htoglb glbf tables/2017.svs hgamt/h*
```

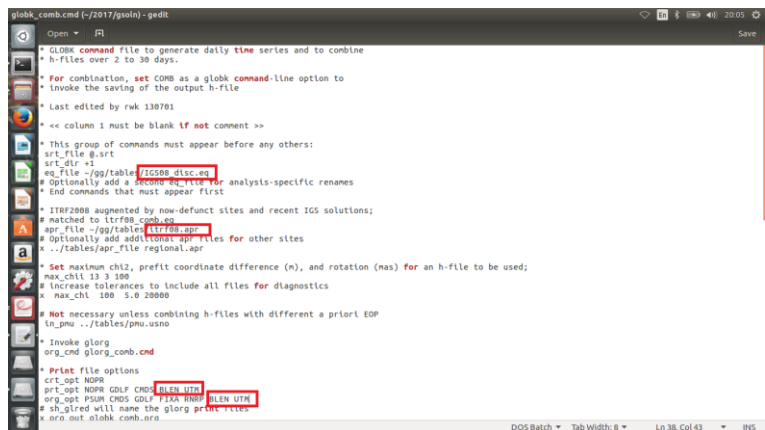
19. Kemudian pada folder **gsoln** salin file dari ~/gg/tables dan nantinya dibuat file *.gdl di dalamnya. Perintah penyalinan file (globk_comb.cmd dan glorg_comb.cmd) ini bisa dilakukan dengan perintah otomatis yakni **sh_glred**. Lanjutkan dengan edit globk_comb.cmd dan glorg_comb.cmd.

a. sh_glred

```
yoze@yoze-Aspire-4752:~/2017$ sh_glred -cmd
Input options -cmd
sh_glred version 2015/12/03
glrepuse:
glrepstab: ttth
glveluse:
glvelstab:
gltimeser:
Checking and making required directories
Copying globk_comb.cmd and glorg_comb.cmd from gg/tables to /home/yoze/2017/gsol
n
yoze@yoze-Aspire-4752:~/2017$
```

b. gedit globk_comb.cmd

Edit bagian itr08_comb.apr menjadi itr08.apr, bagian itr08_comb.eq diganti dengan IGS08_disc.eq, bagian prt_opt ditambahkan dengan opsi BLEN dan UTM



```
globk_comb.cmd (-/2017/gsol) - gedit
* GLORG command file to generate daily tline series and to combine
* h-files over 2 to 30 days.
* For combination, set COMB as a globk command-line option to
* invoke the saving of the output h-file
* Last edited by rnk 130701
* << column 1 must be blank if not comment >>
* This group of commands must appear before any others:
srt_dir +1
srt_file -/gg/table/IGS08_disc.eq
eq_file -/gg/table/IGS08_disc.eq
# Optionally add a second eq file for analysis-specific renames
# End commands that must appear first
* ITRF2008 augmented by now-defunct sites and recent IGS solutions;
# matched to itr08_comb.apr
apr_file -/gg/tables/itr08.apr
# Optionally add additional apr files for other sites
# ../tables/apr_file regional.apr
* Set maximum ch12, prfit coordinate difference (m), and rotation (mas) for an h-file to be used;
max_ch12 13 3 100
# Increase tolerances to include all files for diagnostics
max_ch1 100 5.0 20000
# Not necessary unless combining h-files with different a priori EOP
ln_pnu -/tables/pnu.usno
* Invoke glorg
org_cmd glorg_comb.cmd
* Print file options
prt_opt NOPR
org_opt PSOR CNOB GOLF FIXA BLEN UTM
sh_glred will name the glorg prf file + + + + +
# ora.out globk_comb.ora
```

c. gedit glorg_comb.cmd

Edit bagian “A priori coordinates” menjadi itr08.apr dan edit bagian “List of stabilization sites” menjadi stab_site.global

```

glorg_comb.cmd (-/2017/gsoln) - gedit
* Glorg command file for daily repeatabilities or combinations
* Last edited by ruk 130701
* Parameters to be estimated
pos_org xtran ytran ztran xrot yrot zrot
# or if translation-only
x pos_org xtran ytran ztran
* Downweight of height relative to horizontal (default is 10)
# Heavy downweight if reference frame robust and heights suspect
x cnd_hgt 1000
* Controls for removing sites from the stabilization
# Vary these to make the stabilization more robust or more precise
stab_it 4 0.0 3.0
x stab_it 4 0.5 4.0
* A priori coordinates
# 1972008 may be replaced by an apr file from a priori velocity solution
apr_file -/gg/tables/197008.apr
x apr_file -/.../tables/regions-apr
* List of stabilization sites
# This should match the well-determined sites in the apr_file
stab_site clear
source -/gg/tables/stab_site_global
x source -/.../tables/regions-webp_site

```

20. Terakhir lakukan perhitungan dengan glred. Perintah dilakukan difolder project.

sh_glred -s <yyyy> <d1> <yyyy> <d2> -expt <expt> -opt H G E

sh_glred -s 2017 069 2017 072 -expt 2017 -opt H G E

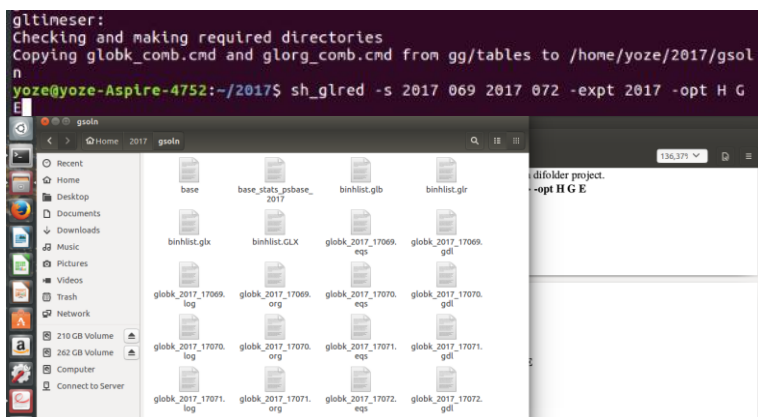
Dimana:

<yyyy> : adalah 4 karakter tahun pengamatan

<d1> : adalah DOY awal

<d2> : adalah DOY akhir

<expt> : adalah nama project yang dipakai



BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Mojokerto, 24 Oktober 1995, merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Brayung III, SMPN 01 Puri dan SMAN 01 Sooko. Lulus SMA pada tahun 2013 dan melanjutkan pendidikan S-1 di Teknik Geomatika ITS,

terdaftar dengan NRP 3513100029. Selama di bangku kuliah, penulis aktif di berbagai kegiatan himpunan, jurusan, dan institut. Penulis pernah menjabat sebagai staf Departemen Kesejahteraan Mahasiswa HIMAGE tahun kepengurusan 2015/2016, dan pernah melakukan Kerja Praktek di PT Adaro Indonesia. Penulis memilih bidang keilmuan Geodinamika untuk menyelesaikan studi S-1, dengan mengambil Tugas Akhir dengan judul **“Studi Penentuan Tinggi Orthometrik Menggunakan Metode GPS-Heighting dan Metode Gayaberat”**.